

<https://helda.helsinki.fi>

Arkipäivän kemia, kokeellisuus ja työturvallisuus kemian
opetuksessa perusopetuksesta korkeakouluihin : IV
Valtakunnalliset kemian opetuksen päivät 2009

Kemian opetuksen keskus, Kemian laitos, Helsingin yliopisto
2009

Aksela , M & Pernaa , J (toim) 2009 , Arkipäivän kemia, kokeellisuus ja työturvallisuus
kemian opetuksessa perusopetuksesta korkeakouluihin : IV Valtakunnalliset kemian
opetuksen päivät 2009 . Kemian opetus , Kemian opetuksen keskus, Kemian laitos,
Helsingin yliopisto , Helsinki .

<http://hdl.handle.net/10138/306403>

unspecified
publishedVersion

Downloaded from Helda, University of Helsinki institutional repository.

This is an electronic reprint of the original article.

This reprint may differ from the original in pagination and typographic detail.

Please cite the original version.



Maija Aksela & Johannes Pernaa (Toim.)

Arkipäivän kemia, kokeellisuus ja työturvallisuus kemian opetuksessa perusopetuksesta korkeakouluihin

IV Valtakunnalliset kemian opetuksen päivät

Julkaisija: Kemian opetuksen keskus,
Kemian laitos, Helsingin yliopisto
Taitto: Johannes Pernaa
ISBN 978-952-10-6007-6 (nid.)
ISBN 978-952-10-6008-3 (PDF)
ISSN 1797-1517
Yliopistopaino Oy
Helsinki 2009

Alkusanat

Arvoisa kemian opettaja, tuleva opettaja, tutkija sekä kemian opetuksen ystävä ja tukija

Arkielämä, kokeellisuus ja työturvallisuus olivat pääteemoina neljänsillä valtakunnallisilla Kemian opetuksen päivillä 2009 Helsingin yliopiston kemian laitoksella (ks. liite 1: ohjelma). Päivät sisälsivät kaikkiaan 30 esitystä, kolmisen kymmentä posteria opetuksesta tai tutkimuksesta, mahdollisuuden tutustua kemian laitoksen tutkimukseen ja uuteen Kemianluokka Gadoliniin sekä laajan oppimateriaalinäyttelyyn. Päivien päätavoitteena oli tukea valtakunnallisten opetussuunnitelman perusteiden mukaisten tavoitteiden toteutusta ja arviointia kemian opetuksessa eri asteilla sekä vuorovaikutusta ja yhteistyötä eri tahojen välillä. Koulutustapahtumaan osallistui lähes 300 kemian opetuksen ystävää perusopetuksesta korkeakouluihin ja eri puolilta Suomea. Koulutustapahtuma oli osa Opetushallituksen täydennyskoulutusta ja täten maksuton osallistujalle. Tapahtuman käytännön järjestelyistä vastasi valtakunnallinen kemian opetuksen keskus, Kemma. Päivien suunnitteluun osallistui ohjausryhmä, joka edusti asiantuntijoita eri puolilta Suomea.

Tähän kolmanteen kemian opetuksen symposiumkirjaan on koottu artikkeleita Kemian opetuksen päivien 2009 esiintyjiltä. Kirja on ajankohtainen katsaus suomalaisen kemian opetuksen tilasta: se sisältää artikkeleita sekä opetushallinnosta, opettajilta, tulevilta opettajilta, opettajankouluttajilta, tutkijoilta sekä yhteistyötahoilta perusopetuksesta korkeakouluihin eri puolilta Suomea. Osa artikkeleista käsittelee päivien pääteemaa: arkielämä, kokeellisuus ja työturvallisuus. Kirja on myös hyvä osoitus suomalaisten eri kouluasteiden asiantuntijoiden ja yhteistyötahojen hyvästä yhteistyöstä ja halusta levittää hyviä käytännön esimerkkejä sekä tutkimustietoa kaikkien käyttöön. Kirjoittajia kirjassa on 55 ja artikkeleita 26.

Tutkimuspohjainen opetuksen kehittäminen on vahvistunut Suomessa vuosi vuodelta. Sekä kemian opettajia että nuoria opetuksen tutkijoita tekee opetuksen tutkimusta eri puolilla Suomea sekä osallistuu alan kansainvälisen tiedeyhteisön toimintaan. Niistä tuloksista saamme iloa myös tässä kirjassa. Suomeen on kasvamassa vahva kemian opetuksen ja oppimisen tutkimuskulttuuri. Kirja sisältää 12 tutkimusartikkelia. Ajoissa tulleet tutkimusartikkelit ovat käyneet läpi tieteellisen referointikäytännön. Ne on merkitty sisällyksessä kirjaimella T. Kunkin artikkelin tieteelliseen referointiin on osallistunut kaksi tutkijaa. Kriteereinä arvioinnissa on käytetty kansainvälisiä kemian opetuksen tutkimuksen periaatteita (ks. liite 2). Arvioinnin jälkeen kirjoittajia on pyydetty tekemään tarvittavia muutoksia. Tänä vuonna kaikki referoidut artikkelit hyväksyttiin kirjaan. Jokainen tutkimusartikkelin kirjoittaja tai ryhmä vastaa kuitenkin omasta artikkelistaan.

Viidennet valtakunnalliset Kemian opetuksen päivät järjestetään Kokkolassa huhtikuussa 2010. Teemana on EU:n suosittama tutkiva kemian opetus ja oppiminen perusopetuksesta korkeakouluihin. Lisätietoja Kemian opetuksen päivistä vuosien varrelta ja niiden materiaaleista sekä muuta ajankohtaista tietoa kemian opetuksesta eri asteilta löytyy kootusti Kemman sivuilta: <http://www.helsinki.fi/kemma/opettajille/kemianopetuksenpaivat.html>.

Lämmin kiitos kaikille osallistujille, kirjoittajille, referoijille ja yhteistyötahoille sekä rahoittajalle! Tästä on hyvä jatkaa yhteistyössä eteenpäin.

Helsingissä 15. joulukuuta 2009

Maija Aksela
professori, Kemian opetuksen keskus,
Kemian laitos, Helsingin yliopisto

Johannes Pernaa
tutkija, Kemian opetuksen keskus,
Kemian laitos, Helsingin yliopisto

Sisällys

Alkusanat.....	3
<i>Maija Aksela & Johannes Pernaa</i>	

I Yleisartikkeleita

Tuntijaon kynnyksellä - kuinka kemialle käy?.....	8
<i>Marja Montonen</i>	
Molekyyli gastronomia – luonnontieteellinen näkökulma ruokaan.....	12
<i>Anu Hopia</i>	
Kokeellisuus kemian oppimisen tukena – teoriaa ja käytäntöä.....	17
<i>Maija Aksela</i>	
TOP 10 kokeelliset työt kemian opetuksessa.....	23
<i>Maija Aksela</i>	
Työturvallisuus kouluissa – hyviä malleja ja haasteita.....	29
<i>Elsi Torn</i>	
Kemianluokka Gadolin -opettajien kokemuksia uuden oppimisympäristön käytöstä.....	40
<i>Maija Aksela & Johannes Pernaa</i>	
Tutkiva kemian opettaja: Kemian käsitteiden ja ilmiöiden opetus sekä oppiminen.....	50
<i>Maija Aksela, Riikka Ahvenniemi, Johannes Anttila, Suula Arppe, Susanne Bergström-Nyberg, Jaana Herranen, Kai Kaksonen, Satu Karihuhta, Jaakko Lohenoja, Sonja Meriläinen, Patricia Nevanko, Tom Olsson, Antti L. Pohjola, Minna-Liisa Rantaniemi, Kirsi Ravanko, Tiina Soramies, Hannu Särkkä, Piia Tikkanen, Anna Tähtinen, Kaarina Vakkala, Jenni Västinsalo & Eija Zitting</i>	

II Perusopetus

Kemian kerhot koulun kerhotarjottimella.....	87
<i>Merike Kesler</i>	
Kokeellisuus alakoulussa: Tekemällä oppii.....	91
<i>Kirsi Agge</i>	
Alkuaineiden jaksollisen järjestelmän oppimista tukevien oppimispelien kehittäminen ja testaaminen osana kehittämistutkimusta.....	95
<i>Maiju Tuomisto & Maija Aksela</i>	
FYKE alakoulussa – toiminnallisia teemapäiviä eri luokka-asteilla.....	111
<i>Pirjo Häkkinen</i>	
Materiaalit ympärillämme –opintojakso ja opettajien käyttökokemuksia.....	120
<i>Jan Jansson, Jari Lavonen, Anni Loukomies & Kalle Juuti</i>	
Luokanopettajien käsityksiä ja kokemuksia tutkivasta kokeellisuudesta ja tarvittavista välineistä kemian opetuksessa (T).....	130
<i>Maija Rukajärvi-Saarela & Maija Aksela</i>	

III Toinen aste

Ainemäärän käsitteellisen oppimisen kehittäminen oppimissyklin avulla (T).....	141
<i>Tuula Räsänen & Jan Lundell</i>	
Lukion kemian oppikirjojen laboratoriotöiden analysointi käyttäen SOLO-taksonomiaa (T).....	152
<i>Päivi Tomperi & Maija Aksela</i>	
Asetyyylisalisyylihapon määrän mittaus valokuvaamalla.....	160
<i>Jaakko Lohenoja</i>	
Molekyyli gastronomia lukion kemian opetuksessa.....	165
<i>Riikka Ahvenniemi & Maija Aksela</i>	
Kokeellisuus ja kiinnostus kemian opetuksessa (T).....	172
<i>Keijo Arajärvi & Maija Aksela</i>	

Kokeellisuutta ja teoriaa samanaikaisesti.....	181
<i>Elina Näsäkkälä</i>	

Finding the lowest energy conformations for oxalic acid and citric acid using computational chemistry.....	188
<i>Elina Näsäkkälä</i>	

Kemian opettajien käsityksiä molekyylimallinnuksen käytöstä opetuksessa (T).....	195
<i>Johannes Pernaa, Maija Aksela & Jan Lundell</i>	

IV Korkeakoulut

Ammattikorkeakoulujen opetussuunnitelmat kemian opetuksessa (T).....	206
<i>Jukka Rautiainen & Maija Aksela</i>	

Ensimmäisen vuosikurssin kemian opiskelijoiden näkemyksiä kemian opinnoista (T).....	221
<i>Nina Aremo, Juhani Kronholm & Maija Aksela</i>	

Uudistuva kemian opetus Aalto-yliopistossa (T).....	239
<i>Eija Zitting</i>	

Katalyytin valmistus-projekti – Uusi tapa kandidaatintyön ja kemian tutkimusprojektin suorittamiselle	252
<i>Satu Ojala, Päivi Ojala, Anne Heponiemi, Mika Huuhtanen, Ulla Lassi, Matti Niemelä, Satu Pitkäaho, Hanna Prokkola, Jaakko Saukkoriipi, Esa Turpeinen & Riitta Keiski</i>	

Jyväskylän yliopiston kemian opettajankoulutuksen arviointi opiskelijapalautteen pohjalta (T)....	264
<i>Jouni Vällisaari</i>	

Liite 1 – Kemian opetuksen päivät 2009 – Ohjelma.....	272
---	-----

Liite 2 – Tutkimusartikkelien arviointikriteerit.....	276
---	-----

I Yleisartikkeleita

Tuntijaon kynnyksellä - kuinka kemialle käy?

Marja Montonen
Opetushallitus

Artikkelin kirjoittamishetkellä, joulukuussa 2009, työskentelee kaksi yleissivistävän koulutuksen kehittämistä pohtivaa työryhmää. Opetusministeri on asettanut työryhmän valmistelevaan ehdotukset perusopetuksen yleisiksi valtakunnallisiksi tavoitteiksi ja perusopetuksen tuntijaoksi hallitusohjelman tavoitteiden mukaisesti. Valtioneuvosto päättää tuntijaosta alkuvuodesta 2011. Työryhmä tarkastelee perusopetuksen tilannetta tavoitteiden näkökulmasta pohtien ennen muuta tulevaisuuden laaja-alaisia kansalais- ja osaamisvalmiuksia. Työryhmän tehtävänä on arvioida ehdotusten taloudelliset ja muut vaikutukset. Työryhmän tulee saada työnsä valmiiksi 1.5.2010 mennessä.

Opetusministeri on asettanut myös lukiokoulutuksen kehittämistoimenpiteitä valmistelevan työryhmän, jonka tulee pohtia mm. lukiokoulutuksen yleisiä tavoitteita, lukiokoulutuksen vetovoimaa, tarjontaa ja saavutettavuuden turvaamista, kansainvälistymisen vaikutuksia, koulutuksen mitoitusta, rahoitusta, opinto-ohjauksen, erityisopetuksen ja muiden tukitoimien järjestämistarvetta, oppilashuollon järjestämistä sekä ylioppilastutkinnon kehittämistä. Työryhmän tulee saada työnsä päätökseen 30.10.2010 mennessä.

1. Kemia perusopetuksen tuntijaossa

Peruskoululaki (476/1983) tuli voimaan vuonna 1985. Tällöin valinnaisuutta lisättiin ja tasokursseista luovuttiin. Fysiikan ja kemian opetusta vähennettiin seitsemästä kuuteen vuosiviikkotuntiin. Vuonna 1993 voimaan tullessa tuntijaossa fysiikan ja kemian tuntimäärä säilyi ennallaan (yhteensä 6 vvt), ja opetus oli kohdistettu vuosiluokille 7 - 9 koulutuksen järjestäjän päättämällä tavalla. Useimmiten pääosa kemian opetuksesta sijoitettiin 8. luokalle. Nykyisin voimassa olevassa tuntijaossa (2001) fysiikan ja kemian viikkotuntimäärä luokilla 7 - 9 kasvoi seitsemään. Lisäksi ympäristö- ja luonnontiedon tunnit vuosiluokilla 5 - 6 jaettiin fysiikka-kemiaan (2 vvt) ja biologia-maantietoon (3 vvt). Useimmissa kouluissa kemian alkeita opetetaan yksi vuosiviikkotunti joko 5. tai 6. luokalla.

Nykyisin perusopetuksen 7.-9. luokilla tunnit jakautuvat koulutuksen järjestäjän päätöksellä esimerkiksi seuraavilla tavoilla: 3½ vvt kemiaa + 3½ vvt fysiikkaa tai 3 vvt kemiaa + 4 vvt fysiikkaa. Edelleenkin joissakin kouluissa kemian opetus on sijoitettu siten, että se päättyy jo 8. luokalla. Tämän kaltaista järjestelyä ei voi pitää kemian opetuksen jatkuvuuden kannalta hyvänä, sillä kemia on toisen asteen koulutuksessa pakollisena oppiaineena sekä lukiossa että ammatillisessa koulutuksessa.

Opettajille tehdyn kyselyn perusteella (Heinonen, 2009) useimmat pitivät perusopetuksen fysiikan ja kemian tuntijakoa ja sen pohjalta tehtyjä opetussuunnitelman perusteita pääsääntöisesti hyvinä, toihan uusi tuntijako fysiikan ja kemian uutena oppiaineena

perusopetuksen luokilla 5 - 6 ja yhden lisätunnin yläkouluun. Myös oppilaan arvioinnin tueksi laadittuja hyvän osaamisen kuvauksia ja päättöarvioinnin kriteereitä pidettiin hyvinä, vaikkakin vaativina. Useimpien opettajien mielestä yläkoulun lisätunti on mahdollistanut rauhallisemman etenemisen opetuksessa ja luonut aikaisempaa paremmat edellytykset kokeelliselle työskentelylle. Se on merkinnyt myös opetuksen väljempää mitoittamista ja joustavuutta. Vaikka uusien opetussuunnitelmien sisällöt todettiin laajahkoiksi, lisätunnin turvin käsiteltäviksi tarkoitettut asiat ehditään useimpien mielestä käsitellä hyvin ja opettaa kunnolla.

Perusopetuksen opetussuunnitelma-analyysin mukaan koulujen kirjoitetuissa opetussuunnitelmissa (Kartovaara (toim.), 2007) vahvuutena voidaan pitää sitä, että useimmissa kemian sisällöissä on konkretisoitu ja kokeellinen lähestymistapa on selkeästi esillä. Lisäksi sisällöt ja tavoitteet on kirjoitettu opetussuunnitelman perusteiden mukaisesti. Kaikilla luokka-asteilla tutkimisen taidot tulisi kuitenkin liittää kiinteämmin sisältöihin. Käytettyjä työtapoja ja arvioinnin menetelmiä tulisi kuvata tarkemmin ja aihekokonaisuudet tulisi liittää yksityiskohtaisemmin sisältöihin paikalliset olosuhteet huomioon ottaen.

2. Peruskoululaisten oppimistulokset

Kattavin ja uusien käytettävissä oleva matemaattis-luonnontieteellisiä aineita koskeva arviointitieto sisältyy PISA-raporttiin. PISA 2006 -tutkimuksen pääaihealueena oli luonnontieteellinen osaaminen (scientific literacy) (Opetusministeriö, 2009). PISAssa pidetään keskeisenä nuorten kykyä hallita luonnontieteellisiä käsitteitä ja ilmiöitä todellisen elämän tilanteissa sekä tulevaisuuden tarpeista nousevien tehtävien ja ongelmien ratkaisemiseksi. Eri osa-alueista korkeimmat standardipistemäärät suomalaisilla oppilailla olivat osa-alueilla: ilmiöiden selittäminen luonnontieteellisesti ja luonnontieteellisen todistusaineiston käyttö sekä elävä luonto. Vain vähän heikommaksi jäivät pistemäärät alueilla ilmiöiden tunnistaminen sekä maapallo ja avaruus.

TIMSS 1999 -tutkimuksen tuloksissa lähimpänä OECD-maiden kärjen osaamistasoa suomalaiset oppilaat olivat kemian lisäksi luonnontieteellisen tiedon hankinnan menetelmissä sekä ympäristö- ja luonnonvarakysymyksissä. TIMSS-tutkimukseen osallistui Suomessa edustava otos 7. luokan oppilaita Ylimmälle, viidennelle suoritustasolle ylsi 21 % oppilaista kemiassa ja 19 % luonnontieteellisen tiedon hankintamenetelmissä, joissa osaaminen olikin kansallisesti vahvinta. Biologiassa sekä ympäristö- ja luonnonvarakysymyksissä tälle tasolle yltävien oppilaiden osuus oli 15 %. Suomalaisten oppilaiden hyvää kemian osaamista voitaneen selittää sillä, että kemian tehtävien sisällöistä peräti 84 % arvioitiin oppilaille koulussa opetetuiksi. (TIMSS, 1999)

3. Kansainvälistä vertailua

Kemia sisältyy kaikkien maiden perusopetuksen opetussuunnitelmiin joko erillisenä oppiaineena tai yhteisnimekkeenä ”luonnontieteet (science)”. Vakaana asemansa se on ansainnut talous-, hyöty-, demokratia- sekä kulttuurisista. Kemia hyödyttää yhteiskuntaa ammattiin ja jatko-opintoihin valmistavana oppiaineena, tarjoaa ihmiselle valmiuksia selviytyä arjestaan, on merkittävä väline muokkaamassa mielipiteitä ja arvomaailmaa sekä

on tekniikan ja teknologian kehittyessä osa ihmisen kulttuuriperimää. Kemian opetuksen kokonaistuntimäärä koko perusopetuksessa on pienempi kuin yleensä muissa Euroopan maissa.

4. Kemia lukiossa

Vuoden 2002 lukion tuntijaossa kemian syventävien kurssien määrä nousi neljään, mutta pakollisten kurssien määrä jäi edelleen yhteen. Kemian syventävät kurssit suorittaneiden opiskelijoiden määrät ovat hitaasti laskeneet tällä vuosituhannella, kuten on käynyt kaikissa luonnontieteissä. Ylioppilaskokeessa siirtyminen erillisiin reaaliaineiden kokeisiin (2006) nosti huomattavasti kemian kokeen suorittajien määrää. Kokeiden hajauttaminen kahdelle tutkintokerralle vaikeuttaa eri aineiden osallistujamäärien vertailua, mutta lukuvuosittain suorittajamääriä voidaan arvioida laskemalla yhteen saman lukuvuoden syksyn ja kevään varsinaiset kokelaat. Täällä tavoin laskettuna kemian kokeeseen osallistui yhteensä 4 558 kokeilasta lukuvuonna 2007–2008 ja 4 435 lukuvuonna 2008–2009. Kemian kokeeseen syksyllä osallistuneiden suhteellinen osuus on kasvussa, mutta edelleen se on pienempi kuin muiden reaaliaineiden kokeissa fysiikkaa lukuun ottamatta. Kemian kokeeseen keväällä 2009 osallistuneiden määrä oli 3 705, joka on 9,4 % kaikkiin reaaliaineiden kokeisiin osallistuneista.

5. Kemian opetuksen haasteita

Informaalioppiminen on osa kaikkea oppimista. Arkielämän havainnot ja kokemukset ovat koulussa opitun asian ohella tärkeitä oppilaan rakentaessa omaa maailmankuvaansa. Kemian opetuksessa on tärkeä saada taitoja kemian aiheiden monipuoliseen käsittelyyn ja siten tukea elinikäistä kemian oppimista. Kemian oppiminen koetaan oppilaista mielekkääksi, kun opiskeltava aihe liittyy omaan arkielämään, oppilaat pystyvät itse valitsemaan, mitä katsotaan, luetaan tai kuunnellaan. (Laajaniemi & Aksela, 2009)

Teknologiset ratkaisut ovat arkipäivää kaikkialla rakennetussa ympäristössä. Kemian teknologia, kuten kemianteollisuus, ympäristönsuojelu, tuotteiden linkaari tai vihreän kemian periaatteet, ei sisälly riittävässä määrin paikallisiin opetussuunnitelmiin eikä opetukseen. Näiden alueiden käsitteleminen asettaa oppimisympäristölle uusia vaatimuksia. Informaalista oppimista ei hyödynnetä nykyisin riittävästi ja pedagogiikan kehittäminen näyttää olevan haasteellista. Informaaliin oppimiseen liittyviä opetuksen työtapoja onkin tärkeä sisällyttää entistä enemmän kemian opettajien perus- ja täydennyskoulutukseen.

Erityisen haasteen kemian opetukselle perusopetuksessa asettaa se, että opetuksen lähtökohta ei edelleenkään aina ole kontekstisidonnainen ilmiö, vaan mikrotasolta lähtevä tarkastelu. Oppilaita motivoiva toiminnallinen kokeellisuus ei tällöin tue käsitteenmuodostusta siinä määrin kuin sen tulisi.

Tietotekniikkaa käytetään suhteellisen vähän kemian opetuksessa, mihin syynä voi olla vähäinen tai sopimaton laitekanta kouluissa. Syynä saattaa olla myös opettajien tieto- ja viestintätekniikan puutteelliset taidot. Tietotekniikan käyttötaito esimerkiksi mittaus- ja

tutkimustulosten keräämisessä, käsittelemisessä ja esittämisessä on kuitenkin keskeistä nykyaikaisessa kemian opetuksessa jatko-opintojen kannalta.

Vuosi 2011 on kansainvälinen kemian vuosi teemana ”Chemistry – our life, our future”. Merkkivuoden tavoitteena on muun muassa kemian arvostuksen nostaminen ja kemian merkityksen tunnetuksi tekeminen sekä kiinnostuksen lisääminen kemian opiskeluun. Nämä tavoitteet ovat myös kemia opetuksen keskeisiä päämääriä. Kemian asema oppiaineena ja opetuksen resursointi riippuvat myös tulevaisuudessa paljolti siitä, kuinka tärkeinä koulutuspolitiikasta päättävät tahot pitävät näitä tavoitteita ja kuinka he näkevät niiden toteutumisen. Kemian imagon muodostumisen kannalta olennaista on korkeatasoinen ja motivoiva kemian opetus, jota taitava, kehittymishaluinen opettaja antaa.

Lähteet

Heinonen, M. (2009). Perusopetuksen fysiikan ja kemian opetussuunnitelman analysointia. *Dimensio* 73 (2), 11-14.

Ķartovaara, E. (Toim.) (2007). *Perusopetuksen vuoden 2004 opetussuunnitelmauudistus: Kehittämisverkostoon ja kokeiluun osallistuneiden kuntien ja koulujen näkemyksiä ja ratkaisuja*. Opetushallitus.

Laajaniemi, A., & Aksela, M. (2009). Informaali oppiminen oppilaiden vapaa-ajalla ja kemian opetuksessa. Kirjassa A. Kallioniemi (Toim.) *Uudistuva ja kehittyvä ainedidaktiikka : Ainedidaktinen symposiumi 8.2.2008 Helsingissä, Osa 1* (s. 174-188). Soveltavan kasvatustieteen laitos, Helsingin yliopisto.

Opetusministeriö. (2009). Pisa 2006. <http://www.minedu.fi/OPM/Koulutus/artikkelit/pisa-tutkimus/pisa2006/>, luettu 11.12.2009.

TIMSS. (1999). TIMSS 1999. <http://timss.bc.edu/timss1999.html>, luettu 11.12.2009.

Molekyyligastronomia – luonnontieteellinen näkökulma ruokaan

Anu Hopia

Funktionaalisten elintarvikkeiden kehittämiskeskus, Turun yliopisto

Molekyyligastronomia on uusi tapa nähdä ruoka, gastronomia ja kokkaaminen luonnontieteellisinä ilmiöinä; kemiallisina reaktioina ja fysikaalisina rakenteina. Vuonna 1989 perustettu uusi tieteenala tai tutkimussuuntaus on kehittynyt 20 vuodessa kansainvälisesti merkittäväksi osaksi ruoan tutkimusta ja ruokakulttuuria. Sen soveltamisalueita ovat muun muassa ravintolakulttuuri ja elintarviketeollisuuden tuotekehitys. Molekyyligastronomia on myös uusi mahdollisuus nostaa luonnontieteiden kiinnostusta erityisesti nuorten keskuudessa.

1. Taustaa

Molekyyligastronomia on noin 20 vuotta vanha termi. Vuonna 1989 ranskalainen Hervé This ja Oxfordin yliopiston fysiikan professori, alun perin unkarilainen Nikolas Kurti esittivät, että ruoanvalmistus ja gastronomia ansaitsevat nousta itsenäiseksi luonnontieteelliseksi tutkimuskohteeksi. Olemassa olevat elintarvike- ja ravitsemustieteet olivat heidän mukaansa etääntyneet ruoasta ja gastronomiasta ja keskittyneet tutkimaan ruokaa lähinnä ravintoaineiden tai haitallisten aineiden lähteenä sekä elintarviketeollisuuden prosessien raaka-aineena. He esittivät uuden tieteenalan ja sille termin ”molekyyligastronomia ja fysiikka” (5), jonka Hervé This myöhemmin lyhensi molekyyligastronomiaksi (2).

Molekyyligastronomia on uusi tapa nähdä ruoka, gastronomia ja kokkaaminen luonnontieteellisinä ilmiöinä; kemiallisina reaktioina ja fysikaalisina rakenteina. Termin määritelmät vaihtelevat hiukan eri lähteissä. Wikipediassa (1) termi määritellään Hervé This’n artikkelin (2) pohjalta tieteenalaksi, joka tutkii ruoanvalmistuksessa tapahtuvia fysikaalisia ja kemiallisia prosesseja mukaan lukien yhteisölliset, taiteelliset ja tekniset ilmiöt ja tapahtumat. Harold McGee (3) määritteli puolestaan termin hiukan runollisestikin ”Herkullisuuden tieteelliseksi tutkimukseksi” (scientific study of deliciousness). Suomessakin termi on noteerattu virallisesti, kun Kotimaisten kielten tutkimuskeskus määritteli sen ”luonnontieteelliseksi ruoanvalmistukseksi”(4). Edellisen perusteella termien sisältö vaihtelee suuresti. Terminologian vakiinnuttaminen hyödyttäisi alaa ja edesauttaisi sen kehittymistä.

2. Terminologiasta

Perustamisestaan alkaen molekyyligastronomia on ollut jatkuvasti vilkastuvan keskustelun aiheena niin tiedotusvälineissä (6) kuin tieteellisessä kirjallisuudessa (7-11). Terminologiasta, sanan merkityksestä ja käyttökelpoisuudesta on keskusteltu välillä kiivaaseenkin sävyyn. Usein se on yhdistetty pelkästään yhteen soveltamisalueeseensa, avantgardistiseen kokeilevaan ja rajoja ylittävään keittiöön, ja termien käyttö on edelleen hajanaista (1). Aihetta käsittelevissä tieteellisissä artikkeleissa terminologiaa on kuitenkin pyritty selkiyttämään niin, että molekyyligastronomia on määritelty tieteenalaksi muiden

elintarviketieteiden joukkoon ja esimerkiksi avantgardistinen keittiö, tai ”molekyylikokkaus” sitä soveltavaksi gastronomian suuntaukseksi. Hervé This (11, 9) on jäsentänyt terminologiaa seuraavasti:

- Ruoanlaitto on käsityötaitoa ja tekniikkaa (joskus jopa taidetta), jonka tavoitteena on tehdä ruokaa. Taitavaan ruoanlaittoon kuuluu esimerkiksi oikeiden raaka-aineiden ja tekniikoiden valinta. Se ei kuitenkaan ole, eikä sen pidäkään olla, tiedettä.
- Molekyyli gastronomia on tiedettä. Sen tavoitteena on tuottaa uutta tietoa kokeellisen tutkimuksen periaatteiden mukaan rakentamalla malleja ja hypoteeseja, testaamalla niitä kokeellisesti ja siten luoda uusia teorioita.
- Teknologia ei ole tiedettä vaan tieteen hyödyntämistä ja soveltamista käytäntöön.
- Molekyylikokkaus, avantgardistinen keittiö tai miksi sitä milloinkin kutsutaan, on gastronomian suuntaus, joka hyödyntää uutta tietoa, raaka-aineita ja teknologioita.
- Ruoanlaitto voi olla myös taidetta. Taiteen tehtävänä on tuottaa ja herättää tunteita.

3. Molekyyli gastronomia ja luonnontieteet

Molekyyli gastronomian avulla arkinen ruoanlaitto ja ruoasta nauttiminen avautuu luonnontieteellisinä ilmiöinä, kuten kemiallisina reaktioina ja fysikaalisina muutoksina. Kun ruoanlaittaja ymmärtää esimerkiksi ruoan ruskistumisen taustalla olevat kemialliset ja fysikaaliset ilmiöt, hän pystyy tämän tiedon pohjalta ennakoimaan ja ohjaamaan ruoanvalmistusta haluamaansa suuntaan. Siten molekyyli gastronominen karjalanpaisti (12) tai jauhelihakastike (13) saa syvemmän ja täyteläisemmän maun, kun kokki tuntee kattilan tapahtumien kemian ja fysiikkaa, ja osaa hyödyntää muun muassa Maillard- ja karamelloitumisreaktiot optimaalisesti. Kun pää ohjaa käsiä, lopputulos yleensä paranee. Parhaimmillaan tieto vapauttaa kokkaajan kokonaan reseptien kahleista. Molekyyli gastronomia voidaan hyödyntää kaikkialla, missä ruokaa tehdään: kotona, ravintoloissa, laitoskeittiöissä ja elintarviketeollisuuden kokeittioissa.

Paitsi perinteisen ruoanlaiton syvällisempää ymmärrystä, molekyyli gastronomia tarjoaa välineitä ruoan luonnontieteelliseen tutkimukseen. Uuden tiedon pohjalta voidaan edelleen kehittää uusia ruokalajeja. Tästä käy esimerkiksi ruokalajien kuvaaminen järjestelmällisesti sen mukaan, minkälaisia heterofaasisysteemejä ne ovat. Hervé Thisin (14) kehittämien CDS (complex disperse systems) ja NPOS (nonperiodical organization of space) järjestelmien avulla periaatteessa kaikki maailman ruokalajit voidaan kuvata yleismaailmallisina rakenteina. Tarkastelussa esimerkiksi kaikki ruoan nesteet kuvataan joko vesiliuoksina (water=W) tai öljynä (oil=O), toisiinsa sekoittumattomat kiinteät aineet kukin omalla symbolillaan (solid=S1, S2, ...) ja ilma ja muut kaasut voidaan kuvata yhdellä symbolilla G (gas=G). Käyttämällä lisäksi symboleita ”/” (sekoittunut johonkin), ”+” (sekoittunut jonkin kanssa), ”⊂” sisällytetty johonkin ja ”σ”=pällekkäin, käytännössä kaikkien maailman ruokien rakenne voidaan kuvata järjestelmällisesti ja yleispätevästi. Kerma voidaan kuvata yksinkertaisimmillaan emulsiona O/W, kermavaahto vaahdotettuna emulsiona (G+O)/W ja vaikka hummeriterriini kaavalla ((G+S1+O)/W)/S2. Tarkastelunäkökulman mukaan kuvaukseen voidaan liittää yksityiskohtaisempaa tietoa, kuten partikkelien kokoa ja rakenteiden avaruudellista sijaintia kuvaavia koodeja.

Jäsennelty tieto auttaa näkemään kokonaisuuden paremmin ja esimerkiksi havaitsemaan puuttuvia, mutta helposti toteutettavia rakenteita, tai valmistamaan hyviksi todettuja rakenteita uusilla tekniikoilla.

Samanlaisia rakenteita voi löytää alku-, pää- ja jälkiruoista; makeista ja suolaisista ruoista taikka ranskalaisesta, suomalaisesta ja aasialaisesta keittiöstä. Tarkastelemalla ruokaa ja ruoanvalmistusta konseptuaalisesti, meillä on paremmat mahdollisuudet luoda uusia ruokalajeja (2, 9, 14) ja pystymme näkemään aivan uusia mahdollisuuksia rakentaa tutuista raaka-aineista uusia kokonaisuuksia (2, 9, 14).

4. Molekyyligastronomian soveltamismahdollisuudet

Molekyyligastronomiaa sovelletaan kansainvälisesti hyvin laajasti aina varhaiskasvatuksesta elintarviketeollisuuden tuotekehitykseen saakka. Laajinta molekyyligastronomian soveltaminen on Ranskassa, jossa alan toinen perustaja Hervé This toimii aktiivisesti yhteiskunnan eri sektoreilla. Hänen mukaansa molekyyligastronomiasta kiinnostuneet voidaan jaotella kolmeen ryhmään: kokit ja ruoasta kiinnostunut suuri yleisö, opiskelijat (mukaan lukien jatko-opiskelijat) eri aloilta (kemia, biokemia, fysiikka, ...) sekä tutkijat ja elintarviketeollisuuden tuotekehittäjät. Näiden kohderyhmien kiinnostus molekyyligastronomiaa kohtaan poikkeaa toisistaan. Esimerkiksi kokit etsivät uusia tekniikoita ja ideoita omaan keittiönsä, opiskelijat tarvitsevat perusymmärrystä tieteellisistä tutkimusmenetelmistä ja elintarviketeollisuuden tuotekehittäjät uutta tietoa teknologiansiirrolle tutkimuksesta teollisuuteen. Tutkimustyötä tehdään ja tietoa sovelletaan Ranskassa muun muassa seuraavasti (15):

1. Ruoanvalmistuksen ja gastronomian luonnontieteellinen tutkimus molekyyligastronomian laboratoriossa INRA:ssa (l'Institut National de la Recherche Agronomique), Pariisissa
2. The Foundation Science & Culture Alimentaire –säätiossä tehty työ, jonka tavoitteena on kehittää ruokakulttuuria ja sen luonnontieteellistä tutkimusta
3. Molekyyligastronomian opetus yliopisto-opiskelijoille, kokeille ja ruokaharrastajille
4. Molekyyligastronomian avoimet seminaarit kokeille, tutkijoille, yleisölle sekä elintarviketeollisuudessa työskenteleville asiantuntijoille. Tapaamisten tarkoituksena on keskustella erilaisista ruoanlaiton avoimista kysymyksistä.
5. Molekyyligastronomian harjoitustyökurssit ("from experiments to calculation"), jotka ovat ilmaisia ja avoimia kaikille kiinnostuneille. Kurssilta ei kuitenkaan anneta virallista opintosuoritusta.
6. "Kuukauden innovaatio" yhteistyössä Hervé This'n ja keittiömestari Pierre Gagnairen kanssa (16).
7. Kouluille ja oppilaitoksille suunnatut molekyyligastronomian työpajat. Työ pohjautuu vuonna 2002 allekirjoitettuun opetusministeriön ja INRA:n väliseen sopimukseen. Koulutustapahtumia järjestetään eri puolilla Ranskaa teemalla "Ruoanvalmistuksen tekniikat" (Teaching culinary techniques). Opetus pohjautuu keittiön uskomusten ja myyttien ympärille, joita käsitellään yhdessä gastronomisen osaamisen (professor of culinary art) ja tiedeosaamisen (professor of science) kanssa.

8. ”Klubi 05” on erityisesti elintarviketeollisuuden tuotekehittäjille suunnattu tiedonvälitysfoorumi molekyyligastronomiasta
9. Gastronomian jatkokoulutusinstituutti (The Institute for Advanced Studies in Gastronomy)
10. Makukoulu (Flavor experimental sessions) erityisesti lapsille alk. 6 v.
11. Tiedekokouskurssit (Science and cooking sessions) on makukoulua vastaava jatkokoulutus vanhemmille koululaisille

5. Molekyyligastronomia Suomessa

Suomessa kiinnostus molekyyligastronomiaan on alkanut kasvaa vuoden 2008 lähtien. Helmikuussa 2009 järjestettiin ensimmäinen molekyyligastronomiia ja sen mahdollisuuksia esittelevä seminaari (17). Seminaarissa kutsuttuna puhujana oli Hervé This. Seminaarin suomalaiset puheenvuorot kattoivat tutkimuksen lisäksi ravintola-alan, elintarviketeollisuuden ja suurtalousalan lisäksi nuorten luonnontieteellisen koulutuksen näkökulman. Molekyyligastronomiasta on parhaillaan (syksy 2009) meneillään useita eri alojen opinnäytetöitä. Ranskan mallin mukaisia molekyyligastronomian avoimia seminaareja on järjestetty kevästä 2009 alkaen yhteistyössä Anu Hopian ja Helsingin Palvelualojen Oppilaitoksen kanssa.

6. Molekyyligastronomia ja luonnontieteiden opetus

Molekyyligastronomian hyödyntäminen osana koulujen luonnontieteen opetusta on kokeiluvaiheessa Suomessa. Syksyllä 2009 toteutetaan ensimmäinen kouluille suunnattu molekyyligastronomiaan liittyvä yhteistyöhanke Seinäjoen Lyseon ja Helsingin yliopiston Kemian opetuksen keskuksen kanssa.

Molekyyligastronomian tuomat uudet mahdollisuudet osana luonnontieteen opetusta voisi tiivistää Hervé This'n (15) sanoihin: Molekyyligastronomian työpajat ovat hyödyllisiä, koska niiden avulla korjataan aiemmin tehtyjä virheellisiä tekniikoita ja työskentelytapoja. Ne ovat myös hyödyllinen tapa opettaa tutkimustyössä käytettyjä menetelmiä osana ruokakulttuuria sekä luonnontieteen että käytännön oppitunneilla. Tutkimus on tärkeää, koska se mahdollistaa sekä opettajien että opiskelijoiden työskentelyn jatkuvan parantamisen. Opettajille se tarjoaa tuoretta tietoa. Opiskelijoille se osoittaa, että tieto ei pysähdy, vaan muuttuu jatkuvasti, ja että olemassa olevan tiedon epäily ja kyseenalaistaminen on polku uusille innovaatioille.

Lähteet

1. http://en.wikipedia.org/wiki/Molecular_gastronomy, luettu 31.8.2009.
2. This, H. (2006). Food for tomorrow? How the scientific discipline of molecular gastronomy could change the way we eat. *EMBO reports*, 7 (11), 1062–1066.
3. McGee, H. (2004). Workshop on molecular gastronomy, KVL, 17 August 2004 <http://uk.ifv.kvl.dk/foodchem/Molekylaerfiler/MGMcGee.pdf>, luettu 31.8.2009.

4. Kielitoimiston sanakirjan toimitus/Minna Haapanen, 1.6.2007
<http://www.kotus.fi/index.phtml?s=2307>.
5. Kurti, N. & This-Benckhard, H. (1994). Chemistry and Physics in the Kitchen. *Scientific American*, 1994, 66-71.
6. Molekyyli gastronomiiaa käsittelevät uutiset kokoava tietopalvelu.
<http://news.google.com/news?q=molecular+gastronomy>, jatkuvasti päivittyvä, luettu 31.8.2009.
7. van der Linden, E., McClements J., & Ubbink, J. (2008). Molecular gastronomy: A food fad or an interface for science-based cooking? *Food Biophysics*, 3, 246-254.
8. Vega, C., & Ubbink, J. (2008). Molecular gastronomy: a food fad or science supporting innovative cuisine? *Trends in Food Science and Technology*, 19, 372-384.
9. This, H. (2009). Molecular Gastronomy, a Scientific Look at Cooking. *Accounts of Chemical Research*, 42 (5), 575-583.
10. Yek, G., & Struwe, K. (2008). Deconstructing molecular gastronomy. *Food Technology*, 06.08, 35-43.
11. This, H. (2008). Molecular gastronomy vs. molecular cooking, perspective. *Food Technology*, 12.08, 108.
12. Hopia, A. (2008). *Kemiaa Keittiössä*. Helsinki, Nemokustannus.
13. Hopia, A. (2009). <http://molekyyli gastronomiia.fi/jauhelihakastike-ja-tiede/>, luettu 31.8.2009.
14. This, H. (2005). Modelling dishes and exploring culinary 'precisions': the two issues of molecular gastronomy. *British Journal of Nutrition*, 93 Supplement 1, 139-146.
15. This, H. <http://sites.google.com/site/travauxdehervethis/Home/some-information-in-english#pourensavoir>, luettu 31.8.2009.
16. Pierre Gagnaire –ravintolan sivuston ”Art et science” -osio, <http://www.pierre-gagnaire.com/francais/cdthis.htm>, luettu 31.8.2009.
17. MG-Forum (24.2.2009) aineisto,
<http://stimulusconsulting.fi/ajankohtaista/mgforum.html>, luettu 31.8.2009.

Kokeellisuus kemian oppimisen tukena – teoriaa ja käytäntöä

Maija Aksela

Kemian opettajankoulutusyksikkö & Kemian opetuksen keskus, Kemma

Kemian laitos, Helsingin yliopisto

Kokeellisuus on kemian ja sen opetuksen nk. sydän. Se on sekä opetuksen keskeinen sisältö että lähestymistapa. Tässä artikkelissa käsitellään kokeellisuuden tavoitteita ja opettamista sekä opetussuunnitelman perusteiden että tutkimuksen näkökulmasta. Artikkelissa korostetaan kokeellisen työskentelyn laatua ja erityisesti tavoitteellista, opiskelijalähtöistä ja monipuolista kokeellisuutta. Siinä tuodaan esille vinkkejä mielekkään kokeellisen työskentelyn suunnitteluun ja toteutukseen sekä sen tutkimustiedon seuraamiseen.

1. Kokeellisuutta opetuksessa 1800-luvulta lähtien

Kokeellisuus on tullut keskeiseksi osaksi kemian kouluopetusta 1900 -luvun vaihteessa useimmissa maissa (esim. Woolnough & Allsop, 1985). Kokeellisen opetuksen isänä Suomessa pidetään professori Johan Gadolinia, jonka mukaan esimerkiksi Helsingin yliopiston kemian laitoksella toimiva uusi moderni oppimisympäristö Kemianluokka Gadolin on nimetty. Professori Gadolin aloitti kemian opiskelijoiden harjoitustyöt jo 1800 -luvun vaihteessa Turun yliopistossa. Yliopisto-opiskelijoiden laboratorioharjoitukset yleistyivät 1820 -luvulla. (esim. Helsingin yliopisto, 2009)

Kokeellisuus on ollut kemian kouluopetuksen lähtökohtana Suomessa opetussuunnitelmien perusteissa erityisesti vuodesta 1994 alkaen. Nykyisin kokeellisuutta korostetaan oleellisena lähestymistapana alakoulusta lähtien. Tavoitteena esimerkiksi vuosiluokilla 5-6 on, että oppilas oppii (i) tekemään havaintoja ja mittauksia, etsimään tietoa tutkittavasta kohteesta sekä pohtimaan tiedon luotettavuutta, (ii) tekemään johtopäätöksiä havainnoistaan ja mittauksistaan sekä tunnistamaan luonnonilmiöihin ja kappaleiden ominaisuuksiin liittyviä syy-seuraussuhteita ja (iii) tekemään yksinkertaisia luonnontieteellisiä kokeita, joissa selvitetään ilmiöiden, eliöiden, aineiden ja kappaleiden ominaisuuksia sekä niiden välisiä riippuvuuksia sekä (iv) käyttämään luonnontieteellisen tiedon kuvailemisessa, vertailemisessa ja luokittelussa kemian alaan kuuluvia käsitteitä. (POPS, 2004)

Yläkoulussa keskeistä on kokeellinen lähestymistapa, jonka lähtökohtana on erityisesti elinympäristöön liittyvien aineiden ja ilmiöiden havaitseminen sekä niiden tutkiminen. Kokeellisuuden tulee auttaa oppilasta hahmottamaan luonnontieteiden luonnetta ja omaksumaan uusia luonnontieteellisiä käsitteitä, periaatteita ja malleja, kehittää käden taitoja, kokeellisen työskentelyn ja yhteistyön taitoja sekä innostaa oppilasta kemian opiskeluun. (POPS, 2004)

Lukiossa kokeellinen opetus on tullut keskeiseksi opetuksen lähestymistavaksi erityisesti vuodesta 2003 lähtien. Uuden opetussuunnitelman perusteiden mukaan opiskelijan tulee (i) osata kokeellisen työskentelyn ja muun aktiivisen tiedonhankinnan avulla etsiä ja käsitellä tietoa elämän ja ympäristön kannalta tärkeistä kemiallisista ilmiöistä ja aineiden

ominaisuuksista sekä arvioida tiedon luotettavuutta ja merkitystä, (ii) osata tehdä ilmiöitä koskevia kokeita ja oppia suunnittelemaan niitä sekä osata ottaa huomioon työturvallisuusnäkökohdat, (iii) osata tulkita ja arvioida kokeellisesti tai muutoin hankkimaansa tietoa ja keskustella siitä sekä esittää sitä muille, (iv) perehtyä tieto- ja viestintätekniikan mahdollisuuksiin tiedonhankinnan välineenä sekä (v) saada kokemuksia, jotka herättävät ja syventävät kiinnostusta kemiaa ja sen opiskelua kohtaan. (LOPS, 2003)

Suomessa on tehty kokeellisen kemian opetuksen tilanteesta yläkoulun ja lukion opetuksessa kaksi *survey* -tutkimusta: ensimmäinen tutkimus toteutettiin vuonna 1998 (Aksela & Juvonen, 1999) ja toinen tutkimus vuonna 2008 (Aksela & Karjalainen, 2008). Kemian kokeellisen opetuksen lähtökohdat ovat jonkin verran parantuneet eri puolilla Suomea sekä sen käytön määrä lisääntynyt erityisesti lukio-opetuksessa kymmenen vuoden aikana (Aksela & Karjalainen, 2008).

2. Tutkimustietoa kokeellisesta opetuksesta

Kokeellisuus on kemian opetuksen yksi tutkituimmista alueista viimeisten 50 vuoden aikana eri puolilla maailmaa. Tutkimustietoa löytyy esimerkiksi seuraavista alueista: (i) tietyn kemian käsitteen ja ilmiön oppiminen kokeellisten töiden avulla (ii) ongelmaperusteinen lähestymistapa (PBL) kokeellisuudessa, (iii) tutkimuksellinen (tutkiva) kokeellisuus, (iv) tietokoneavusteinen kokeellisuus, (v) mikrokemian kokeellisuus, (v) kemian opettajien sekä opettajaopiskelijoiden kokemuksia kokeellisuudesta ja sen haasteista, (vi) kokeellisuus ja erilaiset työtavat, (v) kokeellisuus ja arviointi ja (vii) kokeellisuus ja oppilaiden kiinnostus.

Suomessa tutkimusta kokeellisesta kemian opetuksesta on tehty jonkin verran. Tutkimustietoa on saatavilla myös suomeksi kirjoitettuna (esim. Aksela & Karjalainen, 2008, Aksela & Montonen, 2007, Handolin, Vesterinen & Aksela, 2008). Nykyisin esimerkiksi EU:n suosittelema tutkimuksellinen (tutkiva) kemian kokeellinen opetus on ollut tutkimuskohteena (esim. Csikós-Pénzes, 2008; Rukajärvi-Saarela & Aksela, 2007; Tomperi & Aksela, 2008). Tieto -ja viestintätekniikan yhdistäminen kokeelliseen opetukseen on ajankohtainen tutkimusaihe (esim. Aksela, 2005; Pernaa & Aksela, 2009). Kokeellisuudesta on saatavilla opinnäytetöitä esimerkiksi Helsingin yliopiston kemian opettajankoulutusyksikön verkkosivuilta (Kemope, 2009).

Tutkimusta voi seurata myös verkon kautta. Hyviä kemian opetuksen tieteellisiä tutkimuslähteitä ovat esimerkiksi seuraavat lehdet: Chemistry education and practice (CERP), International Journal of Science Education (IJSE) sekä Journal of Research in Science Teaching (JRST). Lisäksi Journal of Chemical Education (JCE) -lehestä on saatavilla myös jonkin verran artikkeleita. Avainsanoilla on helposti hakea tutkimusartikkeleita esimerkiksi ERIC -tietokannan kautta. Googlescholarin avulla voi löytää hyviä yhteenvedoartikkeleita myös kirjoista.

3. Kokeellisuus opetuksessa

Useimpien kemian käsitteiden ja ilmiöiden opettamisessa suositellaan opetuksen lähtökohtana nk. makrotasoa—oppilaan havaintojen tasoa (esim. Nakhleh, 2002). Liian usein kemian opetus alkaa joko mikrotasolta tai symbolitasolta (nk. opettajan tieto- ja taitotasolta).

Kokeellisen opetuksen tulisi olla tavoitteellista ja tukea valtakunnallisten opetussuunnitelman perusteiden tavoitteita. Kokeellisen työn toteutusta suunniteltaessa kannattaa miettiä oppilaan näkökulmasta: (i) työn tavoite: mitä oppilaan tulisi oppia?, (ii) tarvittava opetusjärjestely: tehtävän muotoilu tavoitteen mukaan ja sopiva työtapo ja (iii) arviointi: mitä oppilas oppii? ja miten sitä arvioidaan? (esim. Millar, Tiberghien & Le Maréchal, 2002).

Oppilaalle kannattaa tuoda esille myös kokeellisen työn tavoite. Samalla kokeellisella työllä voi olla monia tavoitteita, esimerkiksi: (i) tietojen oppiminen, (ii) taitojen oppiminen, (iii) kiinnostuksen tukeminen, (iv) oppilaan kokonaispersoonallisuuden tukeminen tai (v) kemian tieteen luonteen opettaminen. Jotta kokeellinen työ ei jäisi oppilaalle nk. tempuksi, niin kokeellista työtä suunniteltaessa kannattaa pohtia oppilaan näkökulmasta myös, mitä tapahtuu sen eri vaiheissa ja miten kannattaa toteuttaa kokeellisen työn vaiheet asetettuun tavoitteeseen pääsemiseksi: 1. vaihe: ennen kokeellista oppilastyötä, 2. vaihe: kokeellisen oppilastyön aikana ja 3. vaihe: kokeellisen oppilastyön jälkeen. Kokeellisuuden arviointivaihe on myös tärkeä oppilaan oppimiselle. Oppilasta voi ohjata esimerkiksi kysymyksillä: mitä opin? miten opin? mitä olisi voinut tehdä toisin? ja mitä kannattaisi tutkia jatkossa? Kokeellisuuden opetuksen tulisi olla monipuolista: se voi olla (i) havainnointia, (ii) todentamista, (iii) keksimistä korostavaa, (iv) taitoja korostavaa tai (v) tutkimista korostavaa (esim. Gott & Duggan, 1995).

Tutkimuksen mukaan kokeellisessa opetuksessa syntyy liian harvoin kemian oppimista (Hodson, 1996). Perinteinen reseptimäinen kokeellisuus on usein passiivinen oppimiskokemus eikä stimuloi ymmärtämiseen tarvittavia korkeamman tason ajattelutaitoja (Shiland, 1999). Oppilailla on harvoin tarpeeksi aikaa ajatella havaintojaan kokeelliseen työskentelyn aikana (Domin, 1999).

Oppilaat tulisi saada enemmän ajattelemaan ja puhumaan kemiaa kokeellisia töitä tehdessään (esim. Aksela, 2005). Syvällisen ymmärtämisen tukemiseksi työohjeet olisi tärkeä muotoilla sellaiseksi, että ne tukevat myös korkeamman tason ajattelutaitojen (soveltaa, analysoida, arvioida sekä luoda/rakentaa uutta tietoa) käyttöä. Oppilailla olisi hyvä teetättää kokeellisia töitä, joissa on seuraavia vaiheita: (i) hypoteesin muodostaminen, (ii) työn suunnitteleminen, (iii) muuttujien muuttaminen, (iv) tulosten tulkinta ja luotettavuuden tarkastelu, (v) johtopäätösten tekeminen sekä (vi) tulosten esittäminen.

Erilaiset oppijat tarvitsevat erilaisia työtapoja. Monipuolisten työtapojen käyttö on suositeltavaa. Hyviä käsitteenmuodosta tukevia työtapoja ovat mm. (i) käsittekarttojen piirtäminen ennen ja jälkeen, (ii) V-diagrammien piirtäminen ennen ja jälkeen sekä (iii) kirjoittaminen (esim. raportti tai poster). Keskustelu ennen ja jälkeen työn on tärkeää. Esimerkiksi pienryhmätyöskentely tai yhteistoiminnallinen opiskelu saavat oppilaat puhumaan kemiaa (Aksela, 2005).

Opettajan rooli on keskeinen kokeellisuuden oppimisen tukena: opettaja on nk. katalyytti oppimisprosessissa. Hän ohjaa oppilasta ajattelemaan ja kysymään oppimisen kannalta tärkeitä miksi ja miten -kysymyksiä. Kokeellisuuden toteutuksessa kannattaa edetä pienin akselin ja taitoja tulisi harjaannuttaa alakoulusta lähtien. Yksikin hyvin tehty ja pohdittu työ on parempi kuin kymmeniä nopeasti tehtyjä töitä. Kokeellisuuden laatu on aina tärkeämpi kuin kokeellisten töiden määrä.

Kokeellisuuden opetuksen toteutukseen saa tukea eripuolilla Suomea. Lisäkoulutusta on saatavilla esimerkiksi valtakunnallisen kemian opetuksen keskuksen Kemman kautta. Kokeellisuus tulee aina olemaan yhtenä tärkeänä aiheena valtakunnallisilla kemian opetuksen päivillä. Kemianluokka Gadolin tarjoaa monia mahdollisuuksia kokeellisuuden toteuttamiseen kouluopetuksen aikana, kerhoissa tai leireillä sekä lainaa nk. kokeellisuussalkkuja kouluihin pääkaupunkiseudulla. Palvelu on kouluille maksutonta (Kemianluokka Gadolin, 2009). Luokan sivuilta löytyy myös kokeellisia työohjeita kouluopetukseen. Kemman verkkosivuilla (Kemman, 2009) on myös Kysy opetuksesta -palsta, jonka kautta saa tukea tarvittaessa. Iloa ja elämyksiä kokeellisuudesta ja sen opettamisesta!

Lähteet

Aksela, M. (2005). Supporting meaningful chemistry learning and higher-order thinking through computer assisted inquiry: A design research approach. Väitöskirja, Helsingin yliopisto. <http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/mat/kemia/vk/aksela/supporti.pdf>, luettu 12.12.2009.

Aksela, M., & Juvonen, R. (1999). *Kemian opetus tänään*. Helsinki: Opetushallitus. http://www.oph.fi/download/49150_kemianopetus_tanaan.pdf, luettu 12.12.2009.

Aksela, M., & Karjalainen, V. (2008). *Kemian opetus tänään: nykytila ja haasteet Suomessa*. Kemian opetuksen keskus, Kemian laitos, Helsingin yliopisto, Yliopistopaino.

Aksela, M., & Montonen, M. (Toim.) (2007). Uusia lähestymistapoja kemian opetukseen perusopetuksesta korkeakouluihin, Helsinki: Opetushallitus. <http://www.edu.fi/pageLast.asp?path=498,530,8057,16770,81653>, luettu 12.12.2009.

Csikós-Pénzes, J., & Aksela, M. (2008). Projektimaiset kokeelliset työt kemian opetuksessa, Kirjassa J. Väliisaari, & J. Lundell (Toim.) Kemian opetuksen päivät 2008: Uusia oppimisympäristöjä ja ongelmakeskeistä oppimista (s. 99-106). Jyväskylän yliopiston kemian laitoksen tutkimusraportti No.129. https://www.jyu.fi/kemia/tutkimus/opettajankoulutus/kop2008/artikkeli_13, luettu 12.12.2009.

CERP, Chemistry Education and Practice, <http://www.rsc.org/Publishing/Journals/RP/>, luettu 12.12.2009.

Domin, D. (1999). A Review of Laboratory Instruction Styles. *Journal of Chemical Education*, 76, 543-547.

ERIC -tietokanta, <http://www.eric.ed.gov/>, luettu 12.12.2009.

- Gott, R., & Duggan, S. (1995). *Investigative Work in the Science Curriculum*. Buckingham, Open University Press.
- Handolin, H., Vesterinen V-M., & Aksela, M. (2008). Kokeellisuuden rooli opetuksessa: Opiskelijoiden käsityksiä kemian kokeellisuudesta. *Peda-Forum: yliopistopedagoginen tiedotuslehti*. Jyväskylä: Yliopistopedagogiikan asiantuntija- ja yhteistyöverkosto, 15 (2008):2, s. 19-22.
- Helsingin yliopisto. (2009). Tulevaisuuden rakentaja vuodesta 1640. http://www.helsinki.fi/yliopistonhistoria/oivallukset/2_oivallus.htm, luettu 12.12.2009.
- Hodson, D. (1996). Laboratory work as scientific method: three decades of confusion and distortion. *Journal of Curriculum Studies*, 28, 115 – 135.
- Googlesholar. <http://scholar.google.fi/>, luettu 12.12.2009.
- JCE, Journal of Chemical Education. <http://jchemed.chem.wisc.edu/>, luettu 12.12.2009.
- IJSE, International Journal of Science Education. <http://www.informaworld.com/smpp/title~content=t713737283>, luettu 12.12.2009.
- JRST, Journal of Research in Science Teaching. <http://www3.interscience.wiley.com/journal/31817/home>, luettu 12.12.2009.
- Kemianluokka Gadolin. (2009). <http://www.helsinki.fi/kemianluokka/>, luettu 12.12.2009.
- Kemma. (2009). Valtakunnallinen kemian opetuksen keskus, <http://www.helsinki.fi/kemma/>, luettu 12.12.2009.
- Kemope. (2009), Kemian opettajankoulutusyksikkö, kemian laitos, Helsingin yliopisto <http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/tutkimus/opinnaytetyot/index.htm>, luettu 12.12.2009.
- LOPS. (2003). Lukion opetussuunnitelman perusteet, Helsinki: Opetushallitus.
- Nakhleh, M. B., Polles, J., & Malina, E. (2002). Learning chemistry in a laboratoryenvironment. kirjassa J. K. Gilbert, O. De Jong, R. Justi, D. F. Treagust, & J. H. VanDriel (Toim.) *Chemical Education: Towards Research-based Practice* (s. 69-94). Dordrecht, Kluwer.
- Näsäkkälä, E., Flinkman, M., & Aksela, M. (2001). *Luonnontieteellisen tutkimuksen tekeminen koulussa*. Helsinki, Opetushallitus.
- Millar, R., Tiberghien, A., & Le Maréchal, J-F. (2002). Varieties of labwork: A way of profiling labwork tasks. Kirjassa D. Psillos, & H. Niedderer (Toim.) *Teaching and Learning in the Science Laboratory* (s. 9-20). Dordrecht, Kluwer.
- Pernaa, J., & Aksela, M. (2009). Chemistry teachers' and students' perceptions of practical work through different ICT learning environments. *Problems of Education in the 21st century*, 16, 80-88.
- POPS. (2004). *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet*. Helsinki, Opetushallitus.
- Shiland, T. W. (1999). Constructivism: The implication for laboratory work. *Journal of Chemical Education*, 76 (1), 107-109.

Tomperi, P., & Aksela, M. (2008). Tutkimuksellinen kemian kokeellinen oppiminen lukiossa. Kirjassa J. Välisaari, & J. Lundell (Toim.) Kemian opetuksen päivät 2008: Uusia oppimisympäristöjä ja ongelmakeskeistä oppimista (s. 113 -118). Jyväskylän yliopiston kemian laitoksen tutkimusraportti No.129.

Woolnough, B., & Allsop, T. (1985). *Practical work in science*. Lontoo, Cambridge University Press.

TOP 10 kokeelliset työt kemian opetuksessa

Maija Aksela

Kemia opettajankoulutusyksikkö & Kemian opetuksen keskus, Kemma,

Kemian laitos, Helsingin yliopisto

Keväällä 2009 Kemian opetuksen keskus Kemma julkisti avoimen TOP 10 kokeelliset kemian opetuksen työt -kisan LUMA -keskuksen uutiskirjeen kautta. Opettajia pyydettiin lähettämään tietoa parhaista kokeellisista oppilastöistä tai demonstraatioista oppimateriaaleissa perusteluineen sähköisellä e-lomakkeella sekä lähettämään itse kehittämäänsä työohjeita. Tulokset julkistettiin 17.04.2009 Kemian opetuksen päivillä Helsingissä. Tässä artikkelissa julkaistaan parhaiden töiden ja demonstraatioiden nimet sekä opettajien itse kehittämät uudet työohjeet perusteluineen.

1. Parhaat kokeelliset työt opetuksessa

Kemian opettajien mielestä parhaat kokeelliset kemian työt yläkoulussa ovat: kuparioksidin pelkistys hiilen avulla, happamuusastetyö, salmiakki, hapen valmistaminen, puun kuivatuslaus sekä taskulämmitin. Työn nimi, lähde sekä kemian opettajan perustelut on koottu taulukkoon 1.

Taulukko 1. Parhaat kokeelliset työt yläkoulussa kemian opettajien mielestä.

Työn nimi	Lähde (kirja tai verkkomateriaali)	Perustelut
Kuparioksidin pelkistys hiilen avulla	Kemian avain	Hieno työ, saadaan metallista kuparia, yksinkertainen toteuttaa, onnistuu aina. Kuparia on kiva tutkia myös mikroskoopilla. Se ihastuttaa oppilaita.
Happamuusastetyö	Koulun kemia	Työ havainnollistaa hyvin pH-asteikon logaritmisuutta. Samalla opiskelijat oppivat käytännössä laimennusten tekoa. Yhdistin tähän työhön myös yleisindikaattoriliuoksen tutkimisen. Teimme kemian työkurssilla opiskelijoiden kanssa punakaalimehua ja käytimme näin saatavaa yleisindikaattoriliuosta. Edellisen työn eri laimennusasteet tulivat upeasti näkyviin eri väreissä!
Hapen valmistaminen	Aine ja energia	1) Tarvitaan vain vähän erikoiskemikaaleja, (vetyperoksidi muutenkin kiinnostava kuin vain tämän työn yhteydessä, hiusten vaalentaminen eli blondaus) 2) Reaktio on yksinkertainen myös teoreettisesti - vetyperoksidin hajoaminen vedeksi ja hapeksi) 3) Reaktio on kiivas ja tuottaa runsaasti ja nopeasti happea astiat täyteen niin että oppilaat usein hämmästyvät ja riemastuvat sekä innostuvat runsaasta saaliista 4) Tuotetun puhtaan hapen vaikutus palamiseen on erittäin havainnollinen hehkuvan puutikun leimahtaessa ja jopa hehkuvan teräsvillan syttyminen osoittaa hapen merkityksen palamisreaktiossa 5) Työskentely laitteiston kanssa opettaa sorminäppäryyttä ja kehittää yhteistoimintaa osallistuvien kesken, on toimittava yhteistyössä koordinoitusti muuten jokin osa-alue ei pettä

		6)Työssä on myös fysikaalinen aspekti kun keräysastia ensin täytetään vedellä ilman poistamiseksi sieltä 7) Koe selvästi innostaa oppilaita: se toimii aina hyvin, reaktio on kiivas ja palaminen kiivas
Puun kuivatislaus	Kemian avain	T2/s5/ Puun kuivatislaus/ (Savukkeen kuivatislaus) Työssä löydetään orgaanisen maailman yhdisteitä ja niiden ominaisuuksiakin luonnollisesta ja tutusta lähtöaineesta. Koejärjestelyt ovat yksinkertaiset eivätkä vie paljon aikaa havainnoinnilta. Laajentaisin oppilastyötä yhteen työpisteeseen (vetokaappi) muunnelmalla, jossa kuivatisluttavana on puun sijasta savuke. Samalla tähän pisteeseen voi rakentaa jatkoksi kaasujen johtamisen U-putken läpi. Kaasu poltetaan U-putken toisen haaran läpi tulevan kärkiputken päässä ja U-putken pohjalle tiivistyvät nesteet erikseen tutkittaviksi. (80-luvulla käytössä olleen Kuosa, Vuola Kemian työkirja 8 ohjeen mukaelma). Savukkeen kuivatislauksen tuotteiden vertailu puun vastaaviin on melkoista terveystasvatusta.
Taskulämmitin	Kemianluokka Gadolin: verkkosivut	Kiva käytännönläheinen työ

Lukion kemian opettajien mielestä parhaat kokeelliset kemian työt ovat: erilainen liukoisuus, kaasujen tilanyhtälö popcornien avulla, isomerian muuttuminen toisikseen ja vihreä tehdas. Kemian opettajien esittämät perustelut on myös esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Parhaat kokeelliset työt lukiossa kemian opettajien mielestä.

Työn nimi	Lähde (kirja tai verkkomateriaali)	Perustelut
Erilainen liukoisuus	Kemisti	Kaunis ja näyttävä - onnistuu hyvin ja helposti - harjoittaa kemian työmenetelmiä (erotussuppilon käyttö, pipetin käyttö jne.) - aluksi pohditaan rakennekaavoja, sitten kokeillaan käytännössä → yhdistää opitun teorian käytäntöön ja myös arkielämään, sillä tutkittavat aineet ovat luonnosta → siis todellinen opetustilanne, mutta silti mieleenpainuva ja elämyksellinen työ
Kaasujen tilanyhtälö popcornien avulla	Reaktio	Kaasujen tilanyhtälö popcornien avulla -työ on opiskelijoita motivoiva. Työssä saa käsitellä tuttuja aineita ja popcornia tehdään eksoottisella tavalla. Työ sujuu kirjan ohjeita noudattamalla ja opiskelijat ymmärtävät tekemänsä. Koe on yksinkertainen ja helppo järjestää ja jätteet ovat ympäristöystävällisiä. Koe aiheuttaa kiinnostusta kemian tunteja kohtaan myös laboratorion ulkopuolella labrasta tulevan popcornin tuoksun leviämisen myötä. Kiva koe!
Isomerian muuttuminen toisikseen	Reaktio	Työ on havainnollinen, yllätyksellinen ja työtavoiltaan monivaiheinen. Työ on erinomainen teorian kertaamiseen.
Vihreä tehdas	Kemianluokka Gadolin: verkkosivut	Ajankohtainen ympäristöasioihin kytkeyty työ.

2. Parhaat demonstraatiot oppimateriaaleissa

Kemian opettajien mielestä parhaat demonstraatiot ovat: vetyraketti, turvallinen työskentely laboratoriossa -oppilaan ohje, etanolin höyrystyminen sekä proteiinien, laktoosin ja suolojen erottaminen maidosta geelisuodatuksella. Taulukkoon 3 on kerätty demonstraatiot, niiden lähde sekä opettajan perustelut.

Taulukko 3. Parhaat demonstraatiot kemian opettajien mielestä.

Demonstraatiot nimet	Lähde (kirja tai verkkomateriaali)	Perustelut
Vetyraketti	Ydin	Vetyä ja hapen seosta valmistetaan noin litran kokoiseen pulloon. Tämä työ on 'jännittävä' ja oppilaiden suosikki, koska se räjähtää.
Turvallinen työskentely laboratoriossa -oppilaan ohje	Kemian opetuksen keskus, Kemma	Kyseisen työsuojeluaineiston ensimmäinen koe, jossa 'silmän valkuaiselle' tiputettu suolahappo koaguloi näyttävästi valkuaisen (kokeessa kananmunan albumiini) on loistava piirtoheittimellä tai dokumenttikameralla. Kukaan katsoja ei jää kylmäksi. Jokainen ymmärtää suojalasien käytön välttämättömyyden. Käytän demonstraatiosta nimeä 'Ainoa silmä'.
Etanolin höyrystyminen ja palaminen	Kemisti 3 opettajan materiaali	havainnollistaa hienosti palamisreaktiota ja palamistuotteita - saa takarivinkin huomion kiinnittymään
Proteiinien, laktoosin ja suolojen erottaminen maidosta geelisuodatuksella	Aksela et al. Mikrokemiallinen laboratorio, Opetushallitus	Työssä käytettävä pylväskromatografia on visuaalinen menetelmä. Sen avulla pystyy selittämään kromatografian perusteen erittäin hyvin. Työn osoituskokeissa piilee myös hyvin paljon jännitysmomenttia. Aihepiiri on arjessa ja osoittaa maidon koostuvan eri molekyyleistä. Kun kemiallisesti pystyy erottamaan aineet toisistaan, tietää niiden olevan varmemmin olemassa. Näytteenä käytetyn rasvattoman maidon jokainen oppilas tuntee jo lapsuudestaan.

3. Parhaat itse kehitetyt kokeelliset työt

3.1 Kolme parasta työtä

Kolmeksi parhaaksi itse kehitetyksi kokeelliseksi työksi valittiin seuraavat kolme työtä: 1. Kofeiinin tutkiminen ongelmalähtöisesti, 2. Värikkäät maitomuovikuviot ja 3. Sumuinen aamu metallinkierrätyslaitoksella. Perustelut valinnalle on esitetty taulukossa 4. Palkittujen töiden yksityiskohtaiset työohjeet löytyvät Kemian opetuksen keskuksen Kemman verkkosivulta osoitteesta: <http://www.helsinki.fi/kemma/opettajille/top10.html>.

Taulukko 4. Parhaat itse kehitetyt kokeelliset työt opetuksessa perusteluineen.

Työn nimi	Tekijä	Perustelut valinnalle
Kofeiinin tutkiminen ongelmalähtöisesti	Päivi Ojala	Työn toteutusmalli ongelmalähtöisesti on erinomainen. Työssä yhdistyvät niin perinteinen laboratorio-työskentely kuin moderni kemian kokeellisuus mallinnuksen muodossa.
Värikkäät maitomuovikuviot	Kaarina Salomaa	Innostava ja sopiva työ kaikenikäisille.
Sumuinen aamu metallin kierrätyslaitoksella	Jaakko Lohenoja	Lukion KE 4 -kurssille erinomainen työ. Se on hyvin tehty ja kontekstuaalisuus on myös hyvin mietitty. Työstä on saatu hyvä palaute oppilailta.

Kofeiinin tutkiminen ongelmalähtöisesti -työ sopii tekijän mielestä erityisesti työkurssille, koska kokonaisuudessaan kolmivaiheinen työ vie kuusi tuntia. Opiskelijat ovat tässä vaiheessa jo tutustuneet Spartan-ohjelmaan ja tehneet kemian laborointeja. Tarkoituksena on alkaa ongelmalähtöisesti tutustua kofeiiniin ja eristää kofeiini sekä tunnistaa molekyyli sulamispisteen avulla ja Spartan ohjelmalla ajaa IR-spektri ja IR-spektrofotometrillä. Kofeiinin eristämistyö on eri työvaiheineen erinomainen harjoitustyö, jossa tutustutaan useisiin työmenetelmiin. Lisäksi työn suorittaminen vaatii huolellisuutta ja tarkkuutta.

Värikkäät maitomuovikuviot -työ soveltuu tekijän mielestä kouluopetukseen seuraavista syistä: Lähtöaineet ovat vaarattomia ja helposti saatavilla. Työ soveltuu kaikenikäisille, siitä innostuvat alakoululaiset ja myös lukiolaiset tekivät työtä innolla. Se on ollut suosittu kaikenikäisten keskuudessa. Työ onnistuu myös hyvin, kuivausvaiheessa pitää olla huolellinen, värjäyksessä elintarvikeväriä on käytettävä harkiten. Työ sopii hyvin peruskoulun 9. luokan kurssiin, jossa käsitellään muoveja ja myös valkuaisaineet opetetaan silloin.

Sumuinen aamu metallinkierrätyslaitoksella -työ soveltuu tekijän mielestä erityisen hyvin lukion kurssille KE 4 (Metallit ja materiaalit): Työssä käsitellään metallimateriaalia ja sen kierrätystä sekä ympäristö- että talousnäkökulmasta. Työ sopii kemialtaan hyvin kyseiselle kurssille. Kuparipitoisuuden mittaukseen ei ole olemassa titraus- tai painoanalyysiä, jota voisi toteuttaa kouluolosuhteissa. Tämän vuoksi spektrofotometrin käyttö on perusteltua. Kirjallisuudesta löytyy muitakin kuparipitoisuuden mittaukseen tarkoitettuja spektrofotometrisiä menetelmiä. Ne olisivat kuitenkin liian hankalia toteuttaa oppilasryhmän kanssa ja eikä niiden kemiaa käsitellä lukion kursseilla. Työssä tehtävä näyteliuos on kauniin sininen ja ihmisethän tykkäävät värillisistä liuoksista. Oppilaista koostuvat ryhmät ovat tehneet tässä esiteltävän työn jo lähes kaksikymmentä kertaa Kemianluokka Gadolinissa. Työ on onnistunut ongelmitta jokaisella kerralla ja oppilaat ovat olleet työn tekemiseen tyytyväisiä. Nuorimmat työn suorittaneet ovat olleet 8-luokkalaisia!

3.2 Kunniainnalla palkitut työt

Kunniainnalla palkittiin seuraavat hyvät toteutukset: i) Etanolista maitoa (Anu Penttilä), (ii) Happohyökkäys hampaisiin ja ksylitolin vaikutus (Pirjo Häkkinen), (iii) Oluen kemiaa (Timo Pirinen), (iv) alkoholien palamisvertailu (Elsi Torn) ja (v) Sidosten mallinnus palloilla tai kirjalla (Kirsi-Maria Vakkilainen).

Etanolista maitoa -työssä kaadetaan ensin n. 10 ml etanolia 1,5 litran maitotölkkiin. Huuhdellaan ja ravistellaan maitotölkki etanolilla ja kaadetaan pois. Kysytään oppilaita, onko tölkki varmasti tyhjä). Sen jälkeen tölkki asetetaan pöydälle niin että pikku aukkoa auki. Sen jälkeen sytytetään pitkä tikku ja viedään palava tikku maitotölkin suulle. Etanoli palaa suhisten ja sinisellä liekillä. Seuraavaksi kaadetaan lasista kalkkivettä maitotölkkiin. Ravistellaan ja kaadetaan neste juomalasiin. Tekijän mukaan työ on näyttävä ja yllätyksellinen. Työssä joutuu miettimään useita eri asioita. Työ on helppo toteuttaa. Työssä osoitetaan hiilidioksidi mieleen painuvalla tavalla.

Happohyökkäyksen havainnollistaminen -työssä marmorilevyn palanen esittää suussa olevia hampaitamme ja etikka mitä tahansa ruokaa, jota nautimme päivittäin. Välineet: "marmorilevyn pala (CaCO_3) ", etikkaa (tavallinen ruokaetikka käy) ja pipetti. Työn suoritus: Tiputa marmorilevyn päälle pari tippaa etikkaa ja seuraa tilannetta. Kirjaa ylös tapahtumat. Pipetoitaessa etikkaa marmorilevyn päälle nähdään kuplintaa levyn pinnalla. Tämä on reaktiossa muodostuvaa hiilidioksidikaasua. Levyn pinta kannattaa puhdistaa hetken kuluttua ja tarkastella, mitä pinnalle on tapahtunut reaktiossa. Levyn pinta (=hampaan pinta) ei ole enää sileä ja tasainen vaan se on joutunut happohyökkäyksen kohteeksi. Tämän avulla voi virittää keskustelua hampaiden pesemisen tärkeydestä ja ksylitolituotteiden käytöstä.

Oluen kemiaa -työssä olutnäytteestä poistetaan työssä 1 ensin hiilidioksidi, ja näytettä tislataan siten, että tisleen etanolipitoisuus saadaan yhtä suureksi kuin näyteoluen. Sen jälkeen punnitaan tarkasti 50,0 ml olutta, tislettä sekä puhdasta vettä. Työssä 2 mitataan oluen pH -luku, sekä määritetään oluen väri spektrofotometrisesti EBC:n (Euroopan panimoliitto) väriasteikolla. Työssä 3 määritetään osassa 1 saadun tisleen ominaispaino, ja sen sekä osion 1 punnitusten avulla määritetään olutnäytteen etanolipitoisuus. Tekijän mukaan työssä tulee esille useita kemian ilmiöitä, ja käytetään erilaisia kemiallisia ja fysikaalisia mittauksia. Saadut tulokset ovat olleet kohtalaisen oikeita. Lisäksi olut kokeellisen työskentelyn kohteena kiinnostaa oppilaita. Yksityiskohtaisen työohjeen voi kysyä tekijältä.

Alkoholien palamisvertailu -työ on luonteva osa oppikirjojen alkoholitutkimuksia ja sopii niiden alkuun tai yhteiseksi päätösdemonstraatioksi. Kokeessa nähdään hiiliketjun pituuden vaikutus alkoholien syttymis- ja palamisherkkyyteen, liekin väriin, nokeavuuteen. Aineet: metanoli, etanoli, propanoli, butanoli ja pentanoli Välineet: 5 pientä metallista säilykepurkkia (ananas tms) ja 5 pipettiä, tulitikut sekä palamaton alusta. Kokeen suoritus: Aseta säilykepurkit palamattomalle alustalle pohjat yöspäin riviin noin 10 cm etäisyydelle toisistaan. Mittaa säilykepurkin laakealle pohjalle 1 - 1½ ml alkoholit jokainen omalla pipetillään omaan astiaansa. Kemiakaalien pullot pannaan loitommas. Sytytetään alkoholit palamaan pentanolista alkaen ja metanoli viimeiseksi. Demonstraation lähtöaineet, hypoteesi ja kokeen kulku on käyty ennalta läpi ja selvitetty, mitä tarkkaillaan. Koe on tehokas ns. hiljaisena demonstraationa, jossa kukaan ei kokeen

aikana puhu, vaan tarkkailee ja tekee havaintoja. Tekijän mukaan tämä demonstraatio on hyvä, koska (i) heikompiakin oppilas saa havainnot helposti, (ii) koe on näyttävä ja sellaisena motivoiva, ehkä vähän jännittäväkin, (iii) tuo vaihtelua erityisesti toteutettuna hiljaisena demonstraationa ja (iv) johtopäätösten pohdinta yhdessä hiljaisuuden päätyttyä johdattaa helposti eteenpäin alkoholien molekyylimalleihin, niiden palamiseen ja syttymiseen yleensä.

Sidosten mallinnus palloilla tai kirjalla -työssä kovalenttista sidosta voi mallintaa pienillä samankokoisilla palloilla (tai vaikka kirjoilla). Anna jokaiselle oppilaalle yksi pallo. Kerro, että seuraavaksi pelataan peliä, jonka pelaamiseen tarvitaan kahta palloa. Kaikkihan haluavat pelata peliä, mutta miten se on mahdollista, jos kaikilla on vain yksi pallo (kirja). Ehdotus siitä, että kaksi oppilasta pelaa yhdessä kahdella pallollaan, tulee yleensä aika nopeasti esille ryhmässä. Palloilla voi myös havainnollistaa metallisidosta: Jokaisella oppilaalla on yksi pallo. Mitä tehdään, jos uutta peliä saa pelata vain sellainen, joka on luovuttanut pallonsa pois? Kukaan luokasta ei halua itselleen palloa, vaan kaikki haluavat luovuttaa pallon pois. Mutta pallon saa luovuttaa vain, jos joku sen ottaa vastaan. Tästäkin aika pian päästään siihen ehdotukseen, että palloja heitellään koko ajan toisille, jolloin ne ovat käytännössä koko ajan oppilaiden välisessä tilassa. Jos kukaan ei tätä keksi, opettaja voi antaa vinkkejä. Tekijän mukaan se sopii eri ikäluokille eri tavoin esitettynä ja konkretisoi sidosasiaa.

Työturvallisuus kouluissa – hyviä malleja ja haasteita

Elsi Torn

Artikkeli perustuu lukuvuonna 2008 – 2009 eri puolilla Suomea pidettyjen kemian ja fysiikan kokoelmienhoitoa käsittelevien kuudentoista koulutustilaisuuden havaintoihin. Tilaisuudet ovat tavoittaneet maantieteellisesti suuren osan maata Helsingistä Rovaniemelle ja länsirannikolta Joensuuhun. Artikkelissa havaintoja peilataan lainsäädäntöön ja suosituksiin.

1. Johdanto

Tämän esityksen havaintoaineisto on syntynyt keskusteluissa kemian opettajien kanssa. Opettajat olivat kurssilaisia koulutuksissa, joita pidettiin eri puolilla maata kuntien ja MAOL ry:n järjestäminä. Osa havainnoista perustuu kurssipaikkojen laboratoriotilojen näkemiseen. Pohdinnat ovat subjektiivisia näkemyksiä suomalaisen kemian opettajan arjesta ja työsuojeluhuolista.

Artikkelissa tarkastellaan työsuojeluvastuuta kemian opetuksessa, opetuslaboratoriotiloja, kemikaalien säilyttämistä ja niistä kokeellisessa työssä muodostuvia ongelmajätteitä. Näkemykset siitä, miten asioiden pitäisi olla, perustuvat lähteissä mainittuun lainsäädäntöön ja kirjallisuuteen sekä kokemukseen käytännön opetustyössä.

2. Vastuu

2.1 Vastuu laboratoriossa

On selvää, että opetustilanteessa opettajan vastuu on jakamaton eikä hän käytä työtapoja, joihin liittyy työturvallisuusriski. Opettaja vastaa opittavan asian oppimisen ohella myös turvalliseen työskentelyyn ja luonnon kunnioittamiseen kasvattamisesta. Hän käyttää itse ja vaatii oppilaidensa käyttävän laboratoriokokeiden edellyttämiä suojavälineitä.

Opetustilanteeseen tultaessa opettaja on huolehtinut opetustilan järjestelyistä, tarvittavista työvälineistä ja kemikaaleista. Opettaja vastaa myös siitä, että laboratoriotyöskentelyssä mahdollisesti syntyvät haitalliset jätteet käsitellään ja kerätään säädösten mukaan. Käytettävien työvälineiden ja kemikaalien saatavuus on laajempi kysymys. Määrärahojen niukkuus rajoittaa. Kemiaa opettavien yhteissuunnittelulla ja töiden lomittamisella vähäisillä resursseilla tullaan jotenkin toimeen ja turvataan kokeellisuus luonnontieteiden oppimisessa.

Laboratorioluokkien riittämättömyys on ongelma. Kemiaa joudutaan opettamaan normaaliluokassa yläluokillakin. Tämä on onneksi harvinaista, sillä rehtorit ja muut lukujärjestyksen laatijat ovat ymmärtäneet luokkatilan rajoitukset kokeellisessa opetuksessa. Tilojen puutteellinen varustaminen ja huonosti suunniteltu kalustus ovat yleisempi heikkous. Kemiaa opettavat opettajat ovat tilojensa asiantuntijoita, mutta tekninen puoli ei osaa tai halua käyttää sitä asiantuntijuutta.

Opettaja siirtää vastuun työsuojelullisista epäkohdista esimiehelleen ja edellyttää korjaavia toimenpiteitä. Opetuksesta jää silloin puuttumaan osia. Esimerkiksi vetokaapin puuttuminen tai sen ilmastoinnin heikkous estävät tiettyjen kokeiden tekemisen. Opettaja ilmoittaa epäkohdan rehtorilleen ja siirtää vastuun opetussuunnitelman toteuttamattomuudesta pois itseltään. Viime kädessä työsuojelullisten tilakysymysten hoito kulkee työsuojeluorganisaatioon.

2.2 Koulutuksen järjestäjän vastuualueita

Työsuojeluorganisaatio tarkastaa työolosuhteet ja tekee korjausvaatimukset sekä seuraa niiden toteuttamista. Koulutuksen järjestäjän on tehtävä korjaukset, sillä sen vastuulla ovat asianmukaiset työtilat ja – olosuhteet. Ongelma on, ettei työsuojelutarkastuksia pidetä eikä niitä osata vaatia. Kokoelmien hoidosta vastaava opettaja ei pääse osallistumaan tarkastuksiin, jos ne ovat hänen oppituntiansa aikana.

Riskianalyysien tekeminen koululaboratorioissa on tuntematonta ja myös vaara- ja vahinkotilanteista raportointi on huonosti hoidettu. Syynä on sekä esimiesten että henkilöstön tietämättömyys työsuojelusäädöksistä. Työntekijöiden tietojen päivittäminen on yksi koulutuksen järjestäjän velvoite.

Osassa oppilaitoksia on järjestetty jätelain ja – asetuksen mukainen jätteiden käsittely oppilaitoksen tasolla. Erityisesti ongelmajätteiden edelleen siirtäminen on hoitamatta, ja vastuun tulisi olla koulutuksen järjestäjällä keskitetysti eri oppilaitoksistaan. *”Huuhto viemäriin runsaan veden kanssa”* – ohje ei ole tätä päivää, mutta on käytössä.

2.3 Kokoelmien hoitajaksi määrätyn opettajan tehtäviä

Joku henkilö pitää määrätä vastaamaan oppilaitoksen kemikaaleista, ongelmajätteistä sekä mahdollisista säteilylähteistä. Yleensä tehtävään määrätään sama henkilö. Kokoelmienhoitajaksi määrättävän tulee opetusalan virkaehtosopimuksen mukaan olla aineenopettajan viranhaltija. Perusopetuksessa kokoelmienhoitaja yleensä määrätään, mutta tehtäviä ja vastuuta ei määritellä. Lukio-opetuksessa pyritään säästämään resurssista ja oletetaan opettajien hoitavan työt talkoilla. Kuka silloin on vastuussa esimerkiksi syntyvistä ongelmajätteistä?

Kokoelmia hoitavan opettajan kirjallisia tehtäviä ovat esimerkiksi aakkosellinen luettelo käytettävistä kemikaaleista arkistoon, kemikaaliluetteloiden vuosittainen päivittäminen, käyttöturvallisuustiedotteiden tuottaminen ja järjestäminen. Edellä mainittujen luetteloiden kopiot on annettava rehtorille ja työsuojeluvaltuutetulle tai ilmoitettava niiden säilytyspaikka niin sovittaessa. Niiden lisäksi säteilylähteiden luettelo sekä syntyvien ja varastoitujen ongelmajätteiden kirjaaminen ovat jäävuoren huippu kokoelmien hoidosta vastaavan opettajan tehtävistä, sillä hän vastaa myös kemikaalien lakipykälien mukaisesta säilyttämisestä ja merkitsemisestä.

Käyttöturvallisuustiedotteet tunnistetaan käyttövälineeksi, mutta niiden järjestäminen laitoksen omia kemikaaleja koskevaksi, vuosittain päivitettäväksi koosteeksi on uutta.

3. Kemian ja fysiikan opetustilat

3.1 Kemikaalivarasto

Kemikaalit säilytetään mieluiten erillisessä lukitussa ja hyvin ilmastoidussa huoneessa. Ilmastoinnin olisi oltava päällä myös koulun loma-aikoina. On erittäin suotavaa, että tilaan on pääsy vain ainetta opettavilla ja huoltohenkilöstöllä. Yleinen käytäntö on kuitenkin, että kemikaalit ovat samassa tilassa muiden välineiden ja tarvikkeiden kanssa. Yläkouluissa yleensä tila on fysiikan välineiden kanssa yhteinen kokoelmahuone. Koulutiloja suunnitteleva tekninen puoli tarjoaa kemikaalien varastokaappeja laboratorioluokkaankin.

Ne kemikaalit, josta laaditaan käyttöturvallisuustiedote, säilytetään lukitussa, palamattomasta materiaalista valmistetussa ja ilmastoidussa kemikaalikaapissa (kuva 1). Turvallisuustaulu ilmoittaa kaapin, jossa ovat palavat nesteet, hapettavat, myrkylliset jne. Aineet on järjestettävä kaappiin niiden ominaisuuksiensa mukaan ryhmät erilleen. T-myrkkyjen erilliseen, lukittavan kaapin oveen tulee pääkallomerkin lisäksi kirjoittaa lista noista myrkyllisistä aineista.



Kuva 1. Kemikaalikaappi

Kemikaaliasetus 675/1993 luokittelee kemikaalit 15 luokkaan, myrkylliset, erittäin myrkylliset, haitalliset, ärsyttävät jne. Se säätelee päällyksen merkinnät. Merkinnät tiedostetaan. Varoitusmerkit tunnetaan ja ne opetetaan. Samoin vaaraa ja turvallisuustoimenpiteitä osoittavat standardilausekkeet (R ja S). Mutta omiin pakkauksiin niitä ei huomata tehdä. Eikä myöskään vanhojen kemikaalien päällyksiin. Asetusta

täsmentää STMa Kemikaalien luokitusperusteista ja merkintöjen tekemisestä 807/2000. Laimeiden liuosten alle 125 millilitraiset pullot eivät joissain tapauksissa tarvitse R ja S lausekkeita, mutta suuremmat tarvitsevat. Tämä säädös on aivan uutta pian kymmenen vuoden iästään huolimatta.

Kemikaalilainsäädäntö on ollut voimassa jo parikymmentä vuotta. Siitä huolimatta pullot, purkit ja purnukat ovat lähes miten sattuu. Yksi syy on kemikaaleista vastaavan tietämättömyys. Toinen syy on tottuminen tiettyyn järjestykseen, josta ei haluta luopua. Pahin ongelma on kaappitilan riittämättömyys luokittelun vaatimaan erillään pitämiseen.

3.2 Kokoelmahuone

3.2.1 Tilat

Opetushallituksen suosituksen mukaan kokoelmahuone liittyy laboratorio-osastoon. Tarve on yksi alkavaa kahta laboratoriotilaa kohden. Kokoelmahuoneen pinta-ala on vähintään 35 m². Tarvittaessa useampia kokoelmahuoneita riittää yhdelle 20 m². Isossa lukiossa tilan pitää olla 55 m².

Noilla suosituksilla on vaikea kuvitella lukion kemianvarastoa 10 m², jossa on kyllä vesipiste ja allas, mutta ei allaskaappia ja edes pöytätasoa. Kyseiseen varastoon on kulku vain luokasta. Miten sinne voi mennä valmistelemaan omaa opetustaan, kun kollegalla on luokassa oppitunti? Kokoelmahuoneen toimivuus edellyttää ovea myös käytävältä.

Usein kokoelmahuone tuntuu toimivan myös kirjavarastona eikä opettajille jää muita valmistelutasoja kuin mahdollisesti siirtovaunut – tuttavallisemmin demokärkyt, jos niitä on. Tyhjä pulpetti ja tuoli varastoon kyllä mahtuvat. Oppilaiden rästikokeet on helppo teettää luokan viereisessä varastossa. Oppilailla ja opiskelijoilla ei kuitenkaan pitäisi olla mitään asiaa siihen tilaan, jossa kemikaaleja ja välineitä säilytetään.

3.2.2 Kokoelmahuoneen varusteet

Kokoelmahuoneen toimivuuden yksi tae on riittävä määrä kiinteitä kaapistoja, joissa on vedettävät hyllyt. Turvallisuussyistä hyllyjen ei pidä olla kovin korkealla. Lisäksi pitäisi olla tilaa siirrettäville vaunuille.

Astioiden pesua varten tarvitaan hyvä, mielellään hapon kestävä tiskipöytä allaskaappeineen. Sen yhteydessä ovat kuivauskaapit ja kuivaustapit. Astianpesukone on kokoelmahuoneissa vielä harvinaisuus. Laboratorihana tarvitaan myös kokoelmahuoneeseen. Sitä ei juuri löydy.

Valmistelut tarvitsevat vapaata pöytätilaa, jonka yhteydessä on sähkö saatavilla (kuva 2). Vetokaappi varataan erityisesti työskentelylle (kuva 3).



Kuva 2. Vetokaapin sähköpistokkeet



Kuva 3. Vetokaappi täynnä tavaraa.

Vetokaappia tai liitää siirrettävälle vetokaapille kokoelmahuoneeseen ole aina huomattu varata. Muita suojavälineitä opettajien valmisteluihin kyllä löytyy. Ensiapukaappi riippuu monen kokoelmahuoneen seinällä. Opettajien valmistelutyöskentelyä varten ei hätäsuihkuja ole rakennettu.

3.3 Laboratorioluokka

3.3.1 Tilat

Laboratoriotiloissa tarkoituksenmukainen ja turvallinen ovat synonyymejä. Kalusteet on suunniteltu niin, että tarvikkeita ei tarvitse hakea kaukaa ja liikkuminen on esteetöntä. Työparikohtaiset oppilaskaapit ja yhteiset välinekaapit suunnitellaan niin, että esineillä on loogiset paikat. Silloin paikat ovat myös pysyviä eikä välineitä tarvitse kulkea etsiskelemässä.

Laboratorioluokan kulkuteiden pitää olla vapaat. Kompastuminen koululaukkuihin, jatkojohtoihin tai muuhun lattialla lojuvaan on tapaturmariski. Hätätilanteiden varalta väylien poistumisteille pitää olla vapaina. Laboratoriosta on oltava kaksi kilvin ohjattua poistumistietä. Ovi käytävälle ja kokoelmahuoneeseen ovat tavallinen ratkaisu. Entä, jos kokoelmahuoneesta ei ole toista ovea eteenpäin tai se on luokan oven vieressä käytävällä? Opetushallituksen suositusten mukainen opetuslaboratorio on hyvin ilmastoitu ja riittävän tilava (kuva 4). Esimerkiksi

- 60 – 65 m²/16 opp
- 89 m²/ 21 – 24 opp jne,

missä tilantarve lisääntyy 12 m² jokaista alkavaa neljää oppilasta kohden.



Kuva 4. Opetuslaboratorio

Kuvassa 4 erään yhtenäiskoulun uudesta laboratoriosta henkii rauhallisuus, asiallisuus ja väljyys. Kuivauskaapit, oppilaskaapit ja hyllyköt ovat lähellä työskentelypistettä. Kuvan ulkopuolelta tarkastellen luokan vetokaappi on siirrettävä, ja sen ilmastointi hyvin toimiva. Tuossa hyvin toimivassa tilassa oli vain yksi laboratoriohana, mikä rajoittaa joitakin oppilastoita työpisteiksi. Kuvaa 4 lähemmin tarkasteltuna huomaa sähköpistokkeiden ja vesihanojen läheisyyden. Hätäkatkaisijan paikka on mietitty, mutta työturvallisuuden näkökulmasta erikoinen ratkaisu: oppilastyöpisteessä.

3.3.2 Laboratorioluokan varusteet

Laboratorion työpöydät eivät saa pikku tönäisystä liikahtaa. Turvallisuussyistä kiinteät oppilastyöpöydät olisivat parhaat. Tuolien korkeutta olisi hyvä voida säätää. Tavallisin ratkaisu näyttää olevan kevyehköt irtopöydät. Pöytiä ahdetaan luokan täydeltä, koska monissa laboratorioissa opetetaan muitakin aineita kuin kemiaa tai fysiikkaa. Työturvallisuus kärsii liikkumistilan ahtaudesta. Laboratorioon riittäisi kohtuullisen ryhmäkoon mukaan laskien peruskoulussa kahdeksan kahden oppilaan työpöytää.

Opettaja tarvitsee riittävän suuren pöydän demonstraatioille. Sitä pinta-alaa ei nykyaikainen AV-tekniikka saa riistää. Sen lisäksi siirrettävät vaunut, mielellään opettajakohtaisina auttavat laboratoriokokeiden toimivaa järjestämistä. Ongelmaksi on osoittautunut vaunujen säilytystilan puute varaston puolella.



Kuva 5. Alkusammutusvälineet luokkien välissä

Laboratoriossa pitää olla alkusammutusvälineet. Kuva 5 osoittaa luovaa säästöratkaisua: alkusammutusvälineet säädösten mukaan merkittyinä ovat laboratorioluokan ja kokoelmahuoneen ovien välissä käytävällä. Luokkaan sijoitettuina ne voisivat saada seurakseen myös ensiapukaapin, silmänhuuhtelupullon ja hätävalolampun (kuva 6).



Kuva 6. Alkusammutusvälineet luokan sisällä

Alkusammutus- ja ensiapuvälineistö ovat koululaboratorioissa jokseenkin hyvin hoidettuina ja myös merkittyinä turvamerkillä. Hätäsuihku on välttämätön. Veden pitää virrata siitä vauhdikkaasti ja pelkällä nykäisyllä. Suihkun toimivuus on tarkistettava säännöllisesti. Suihkun ympärillä pitää olla vapaata tilaa ja myös se pitää merkitä turvamerkillä.



Kuva 7. Lattiaharja ja hätäsuihku

Kuvan 7 lattiaharja ei varmaan ole este suihkuun ryntäävälle. Lattiaharjaakin laboratoriossa ikävä kyllä silloin tällöin tarvitaan.

3.3.4 Henkilökohtaiset suojaimet laboratoriossa

VNa Henkilösuojaimista 1406/1993 on yksiselitteinen. Laboratoriokokeissa tarvitaan suojavälineitä sekä oppilaille että opettajalle. VNa Kemiallisista tekijöistä työssä 715/2001 sisältää ohjeistuksen käyttöturvallisuustiedotteista, joista selviää kunkin haitallisen kemikaalin edellyttämä suojaus.

Suojavaatetus ja suojasilmälasit koululaboratorioissa ovat hankittuina ja hiussuojatkin yleensä. Työtakkeja ja suojalaseja käytetään, hiukset sidotaan tai suojataan. Suojakäsineet sen sijaan unohtuvat laatikkoonsa tai niitä ei ole.

Suojavälineiden paikat laboratorioluokissa vaihtelevat. Tavallisimmin työtakit roikkuvat muutamassa koukussa luokan seinällä. Sopivan kokoisen takin löytämiseen kuluu aikaa töitä aloitettaessa. Yksi ratkaisu on ripustaa takit ripustimiin siirrettävään tankoon, joka tuodaan varastosta. Paras malli on väljähkö koukkurivi, jossa takit ovat koon mukaisessa järjestyksessä. Koko ja siten takin paikka näkyy seinällä. Nämä molemmat edellyttävät työskentelyn päättyessä malttia ja vastuuseen kasvamista.

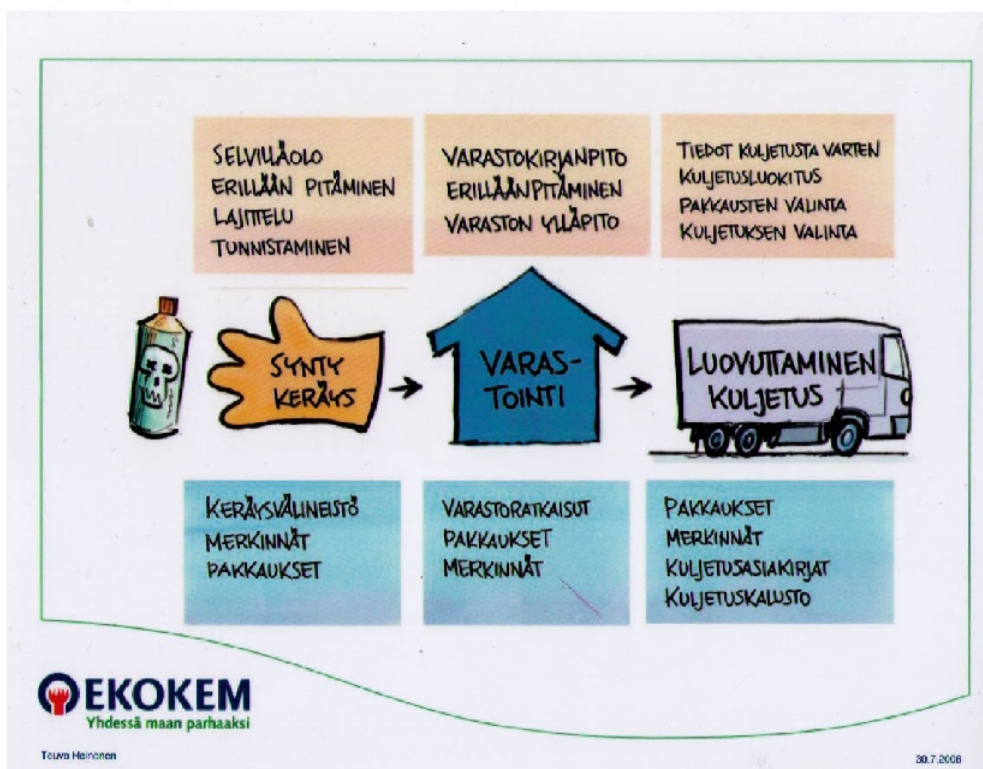
4. Opetuslaboratorion jätteet

Jätettä on käytöstä poistettu tavara. Opettajat ohjaavat kiitettävästi lajitteluun ja kierrätykseen paperia, pahvia, paristoja ja särkynyttä lasitavaraa. Orgaaniset liuottimet kerätään jäteastiaan kokeellisen työskentelyn jälkeen. Huuhdotaanko ne muut runsaalla vedellä viemäriin niin, kuin työohje melko usein neuvo. Samalla tuhлатаan joitakin kuutiometrejä puhdasta vettä. Jos käytetyllä kemikaalilla on R- ja S-lausekkeet eli jokin haitallinen tai vaarallinen ominaisuus, se on ongelmajäte.

Jätelaki 1072/1993 ja jäteasetus 1390/1993 yhdessä vastaavien ympäristösäädösten kanssa määräävät ongelmajätteiden talteen keräämisestä, tiettyjen aineiden erillään pidosta varastoinnissa, varastokirjanpidosta sekä aineiden toimittamisesta asialliseen käsittelyyn Ekokemille. Vastuu jätteistä on säädösten mukaan niiden haltijalla siis oppilaitoksella ja oikeammin siellä vastuuhenkilöksi nimetyllä. Tätä henkilöä ei aina ole huomattu nimetä. Silloin viime kädessä vastuu on laitoksen esimiehellä!

Säädökset ovat 1990-luvun alusta. Nyt yli 15 vuotta myöhemmin herätään näkemään varastokaappien nurkissa lojuvat purkit ja pullot, joiden etiketeistä osa on syöpynyt tuntemattomaksi. Opettajat kertovat ”perineensä” varaston, jonka sisältöä ei kukaan tunne ja jota ei ole kirjattu mihinkään. Ongelmajätteet, joita tuntemattomat kemikaalitkin ovat, pitää vuosittain poistaa keruuvarastosta.

On myös myönteisiä esimerkkejä. Kuntiin ollaan kouluttamassa henkilöitä ongelmajätteiden keskitettyyn keruuseen. On se toki jossain hoidettukin.



Kuva 8. Kemikaalijätteiden kierrätys

Kuvan 8 kaavion mukaan toimien opetuslaboratorio suojelee vesistöjä kemikaaleilta. Ohje runsaalla vedellä viemäriin huuhtomisesta on huono. Konsentraation merkitys on ymmärrettävä, mutta vesistöihin ne haitalliset aineet pieninäkin pitoisuuksina kerääntyvät ja puhdasta vettä tuhlataan.

5. Lopuksi

Pidettyjen koulutusten aihe on tärkeä ja mielenkiintoinen. Työturvallisuuden näkökulmasta oppilaitokset ovat niin valtakunnallisesti kuin alueellisestikin eriarvoisessa tilanteessa. Toiset punnitsevat digitaalisilla tarkkuusvaoilla, toiset siirtopainovaa'alla tai liuokset ovat x prosenttisia ja y-moolisia.

Tiedotusta säädöksistä ja niiden vaikutuksista olisi pitänyt olla jaossa paljon aikaisemmin. Aikaisemmin tietoa on kyllä saanut, kunhan vain on osannut etsiä tietoa tutkimalla lakitekstejä ja hankkimalla kirjallisuutta. Koulutuksien yleinen palautekysymys oli: Miksi tämä ei kuulunut silloin aikoinaan kemian opettajan koulutukseeni?

Lähteet

Kemikaalilaki 744/1989 ja 720/1994.

Kemikaaliasetus 675/1993.

VNa Kemiallisista tekijöistä työssä 715/2001.

STMa Kemikaalien luokitusperusteista ja merkintöjen tekemisestä 807/2001.

STMa Vaarallisten aineiden luettelosta 509/2005.

VNa Henkilösuojaimista 1406/1993.

VNp Työpaikkojen turvamerkeistä ja niiden käytöstä 976/1994.

Säteilylaki 592/1991.

Säteilyasetus 1512/1991.

Jätelaki 1072/1993.

Jäteasetus 1390/1993.

Ymp. min. a 1129/2001 Luettelo yleisimmistä jätteistä ja ongelmajätteistä 1129/2001.

Työturvallisuuslaki 738/2002.

Heinonen, T. (2006). *Ongelmajäteopas*. Hämeenlinna, Ekokem, Karisto.

Laaksonen, L., & Mäkelä, M-L. (2003). *Turvallinen työskentely koululaboratoriossa*. Porvoo, MAOL ry, Uusimaa Oy.

Montonen, M. (Toim.) (1997). *Luonnontieteiden opetuksen tilat ja välineet*. Opetushallitus. Helsinki, Edita Prime Oy.

Kemianluokka Gadolin -opettajien kokemuksia uuden oppimisympäristön käytöstä

Maija Aksela & Johannes Pernaa

Kemian opetuksen keskus, Kemma, Kemian laitos, Helsingin yliopisto

Kemianluokka Gadolin on Helsingin yliopiston kemian laitoksen, Kemioteollisuus ry:n ja useiden yritysten yhdessä perustama oppimisympäristö Helsingin yliopiston kemian laitokselle syksyllä 2008. Gadolinin tavoitteena on palvella sekä koulujen, yritysten että yliopiston kemian laitoksen lyhyen ja pitkän tähtäimen päämääriä. Tämän tutkimuksen tavoitteena on saada tietoa koulujen käyttämistä pedagogisista toimintamalleista, hyvistä kokemuksista sekä haasteista ensimmäisenä toimintavuotena toiminnan kehittämisen pohjaksi. Tutkimukseen osallistui 42 aktiivista opettajaa eri asteilta. Tutkimusaineisto kerättiin sähköisesti e-lomakkeella. Kysymyslomake sisälsi sekä suljettuja että avoimia kysymyksiä. Suljetut vastaukset käsiteltiin tilastollisesti. Avoimet vastaukset analysoitiin aineistolähtöistä sisällönanalyysia käyttäen. Tapaustutkimus osoittaa, että Kemianluokka Gadolin on pääosin saavuttanut sille asetetut pedagogiset tavoitteet ensimmäisenä toimintavuotena. Kemian opettajat käyttivät palvelua monipuolisesti: käytössä oli seitsemän erilaista toimintamallia. Kemianluokka Gadolin oppimisympäristön sekä hyvät kokemukset että haasteet liittyvät (i) korkealaatuiseen laboratorioon ja resursseihin yleisesti, ii) oppilaiden mahdollisuuden työskennellä laboratoriossa itse, iii) mielenkiintoiseen yliopistoympäristöön sekä iv) järjestelyihin, sisältöihin ja ohjaukseen. Yhtenä Gadolin oppimisympäristön parhaimpana puolena pidettiin palvelua. Vierailukäynnit ja sisällöt sekä ohjaus räätälöitiin jokaisen opettajan asettamien tavoitteiden mukaisesti.

1. Johdanto

Erilaisia oppimisympäristöjä suositellaan käytettäväksi opetuksessa ja erityisesti suositellaan yhteistyötä eri sidosryhmien kanssa (POPS, 2004). Opetushallituksen mukaan oppimisympäristöajattelun tavoitteena on sitoa oppilaitoksen ulkopuolella tapahtuva oppiminen kiinteästi opetussuunnitelmiin, monipuolistaa opetusta ja hyödyntää erilaisia oppimisympäristöjä siten, että ne tukevat oppimista, joka tapahtuu koulujen ja oppilaitosten fyysisen toimintaympäristön ulkopuolella. Oleellista ympäristölle on, että se muodostaa oppimista tukevan sosiaalisen yhteisön ja että ympäristön käyttö on pedagogisesti huolella mietitty. Suotuisat fyysiset, paikalliset ja sosiaaliset olosuhteet auttavat luovuuden ja innovatiivisuuden kehittämisessä. (Opetushallitus, 2008)

Oppimisympäristöajattelussa huomio siirretään opettajan toiminnasta oppijan toimintaan ja oppimista tukevan ympäristön suunnitteluun. Oppimisympäristö voidaan luokitella viiteen eri luokkaan: fyysinen eli oppimisympäristö tilana, paikallinen eli paikkasidonnainen, sosiaalinen eli vuorovaikutukseen perustuva, teknologinen eli tieto- ja viestintätekniikkaan pohjautuva sekä didaktinen eli oppimista tukevan ympäristön käyttö (Manninen et al., 2007).

Toiminnallisen opintokäynnin hyötyinä pidetään seuraavia seikkoja (Lehtinen, 2005): (i) toiminnallinen opintokäynti sitoo oppiaineiden käsitteitä jokapäiväiseen elämään ja voi tutustuttaa oppilaat myös luonnontieteiden sovellutuksiin, (ii) käyntikohteessa on usein oppilaiden käytössä välineitä, joihin koulutyöskentelyssä ei ole mahdollisuutta tutustua, (iii) opintokäynti tuo monipuolisuutta opiskeluympäristöön, (iv) opintokäynnillä on

mahdollisuus ryhmätyötaitojen, tiedonhankinta- ja raportointitaitojen harjoitteluun, (v) opintokäynnillä kartutetaan tietoa työstä ja ammasteista ja (vi) käynti luo kontakteja koulun ulkopuolisiin aikuisiin.

Erilaisten oppimisympäristöjen vaikuttavuutta on jonkin verran tutkittu Suomessa. Esimerkiksi lasten toiminnallista vierailua yliopistolle on tutkittu (Aksela, 2008). Tapaustutkimuksen mukaan lapset kokivat tiedekampuksen ja kemian laitoksen innostavana oppimisympäristönä (Aksela, 2008). Tietokoneiden käyttö molekyylipiirtämisessä ja havainnollistamisessa koettiin erityisen kiinnostavana teknologisenä ja didaktisena oppimisympäristönä. Työtapa innosti erityisesti poikia. Toiminnallinen opintokäynti synnytti useissa oppilaissa mielikuvia tulevista kemian opinnoista yliopistolla. Syrjäläisen ja Akselan tutkimuksen (2008) mukaan tulevien kemian opettajien mielestä hyödyllisimmät oppimisympäristöt kemian opetuksessa olivat laboratorio ja erilaiset vierailukohteet sekä lehdet opetuksessa. Erityisesti opintovierailukokemukset olivat vahvistaneet opiskelijoiden ajatuksia vierailujen hyödyllisyydestä kemian opetuksessa.

2. Kemianluokka Gadolin tavoitteet ja toimintamallit

Kemianluokka Gadolinin pedagogiset tavoitteet pohjautuvat valtakunnallisiin opetussuunnitelman perusteisiin (ks. http://www.oph.fi/koulutus_ja_tutkinnot) sekä uusimpaan kemian ja sen oppimisen ja opetuksen tutkimustietoon. Tavoitteena on merkityksellinen ja mielekäs opetus, oppiminen ja opiskelu eri asteilla sekä positiivinen kuva kemiasta ja sen kiehtovista mahdollisuuksista monipuolisten työtapojen kautta. Kemianluokan opetuksen tavoitteena on integroida toimintaan ajankohtainen tutkimus ja kemian monipuoliset sovellukset sekä yhteiskunnallinen merkitys sekä ammatinvalintatieto (Kemianluokka Gadolin, 2009).

Gadolinin päätoimintamallina tarjotaan kokeellista laboratoriotyöskentelyä modernissa laboratoriossa, jossa korostuu erityisesti tutkimuksellinen lähestymistapa. Tietokoneavusteisilla töillä, kuten molekyylimallinnuksella, animaatioilla sekä simulaatioilla pyritään täydentämään kokeellisen työn kautta tapahtuvaa oppimista. Tutkijatapaamisten ja vierailujen kemian laitoksen tutkimuslaboratorioihin osana opintokäyntiä tai Gadolin-klubin muodossa toivotaan tukeman kemian tutkimuksen luonteen ja merkityksen kehittymistä sekä tarjoavan positiivisia kokemuksia aidossa tutkijaympäristössä. Tehtävään koulutetut kemian aineenopettajaopiskelijat ohjaavat vierailevia oppilaita laboratoriossa Tutkijat ohjaavat vierailijoita tutkimuslaboratorioissa.

Opintokäynneillä esitellään myös kemian alan koulutustarjontaa ja tuetaan ammatinvalintaa tutkimuksen ja tuotannon työtehtävissä toimivien henkilö- ja ammattikuvausten kautta. Myös lainattavien opetuspakettien toivotaan edistävän opetuksen tukemista ja madaltavan kynnystä kemian kokeellisuuden toteuttamiseen. Paketteja on sekä ala- että yläluokille. Palveluja tarjotaan molemmilla kotimaisilla kielillä sekä tarvittaessa englannin kielellä.

Lukuvuosittain Kemianluokka Gadolinille toiminnalle valitaan teemat, joiden mukaan sisältöä kehitetään ja tuotetaan. Lukuvuonna 2008-09 ne olivat I) arkipäivän kemia, II)

materiaalit, erityisesti metallit ja polymeerit sekä niiden sovellukset, III) energia ja sen tuotanto ja IV) vihreä kemia.

Opintokäyntikertoja oli ensimmäisen vuoden aikana yhteensä 87 ja kävijöitä 1509. Vierailevan ryhmän keskipöytä oli 17,3 vierailijaa (Kemianluokka Gadolin, 2009).

3. Tutkimus

Tutkimuksen tavoitteena oli saada tietoa Gadolinin ensimmäisestä toimintavuodesta Tutkimuksessa tarkasteltiin ensimmäistä toimintavuotta tutkimalla vierailijoiden ryhmien opettajia kokemuksia ja näkemyksiä. Tutkimuksessa selvitettiin olemassa olevan oppimisympäristön toimintamalleja, opintokäynnin hyviä puolia sekä kehittämiskohteita. Tutkimusta ohjasivat seuraavat tutkimuskysymykset:

1. Minkälaisia toimintamalleja opettajat käyttävät Kemianluokka Gadolinissa?
2. Miten oppimisympäristö tukee kemian opetusta koulussa?
3. Minkälaisia hyviä kokemuksia on sen käytöstä?
4. Minkälaisia haasteita on sen käytössä?

3.1 Kohderyhmä

Tutkimusaineisto kerättiin sähköistä kysymyslomaketta (nk. e-lomake) käyttäen. Siihen vastasi yhteensä 42 opettajaa. Vastajat jakaantuivat opetusasteittain seuraavasti (taulukko 1): alakoulu 4,8 %; yläkoulu 35,7 %; lukio 45,2 % ja muut 14,3 %. Muut kategoriaan laskettiin opettajat, jotka opettavat ammattioppilaitoksissa (frekvenssi, $f=2$), ammattikorkeakouluissa ($f=2$) tai sekä yläkoulussa että lukiossa ($f=1$). Yksi vastaajista ei toiminut opettajana, vaan kuului Helsingin yliopiston henkilökuntaan.

Suurin osa ensimmäisenä toimintavuonna vierailijista kouluista sijaitsi pääkaupunkiseudulla (76,2 %) tai muulla Uudellamaalla (14,3 %). Uudenmaan lisäksi Gadolinissa oli vierailuja Lahdesta ($f=2$), Kotkasta ($f=1$) ja Länsi-Suomesta ($f=1$).

Tutkimukseen osallistuneista opettajista enemmistö työskenteli aineenopettajan tehtävissä (84,2 %). Vastajiin kuului myös luokanopettaja, erityisopettaja, opinto-ohjaaja ja elintarviketieteiden lehtori (AMK).

Vastajat jakaantuivat kemian opinnoiltaan tasaisesti kemiaa pääaineena (51,3 %) ja toisena aineena (43,6 %) opiskelleisiin. Vastajista yksi oli opiskellut kemiaa viimeksi lukiossa ja yksi oli suorittanut opettajankoulutus laitoksella luonnontieteiden erikoiskurssin. Gadolinissa vierailijista opettajista hieman yli puolet (65,8 %) on toiminut opettajan työssä 10 vuotta tai alle. Kyselyyn vastanneista opettajista 66,7 % on vierailut Gadolinissa yhden kerran, 16,7 % kaksi kertaa ja 16,7 % kolme kertaa.

Taulukko 1. Vastaajien taustat, % | f.

	Luokat				N
	Alakoulu	Yläkoulu	Lukio	Muut	
Opetusaste	4,8 2	35,7 15	45,2 19	14,3 6	42
Koulun sijainti	Pääkaupunkiseutu	Muu uusimaa	Muu Suomi	-	42
	76,2 32	14,3 6	9,5 4	-	
Pätevyys / toimenkuva	Luokan opettaja	Aineen opettaja	Muut	-	38
	2,6 1	84,2 32	13,2 5	-	
Kemian opinnot	Pääaine	Toinen aine	Muu	-	39
	51,3 20	43,6 17	5,1 2	-	
Opetus- kokemus	1-5 vuotta	6-10 vuotta	11-20 vuotta	Yli 20 vuotta	38
	31,6 12	34,2 13	18,4 7	15,8 6	
Vierailu- käyntien määrä	1	2	3 tai enemmän	-	42
	66,7 28	16,7 7	16,7 7	-	

3.2 Tutkimusmenetelmä

Tutkimus on tapaustutkimus, jossa tutkitaan tiettyä tapausta rajatulla otoksella (esim. Cohen et al., 2007). Tässä tutkimuksessa tutkittiin Kemianluokka Gadolinin ensimmäistä toimintavuotta ja otos rajattiin vuoden aikana vierailleiden ryhmien opettajiin.

Tutkimuksen aineisto kerättiin kyselylomakkeella syksyllä 2009 (lomake on toistaiseksi luettavissa osoitteessa <https://elomake.helsinki.fi/lomakkeet/17122/lomake.html>).

Kyselylomake koostuu kolmesta mittarista. Ensimmäinen mittari kartoittaa vastaajien taustatiedot. Toisessa kerätään aineistoa Gadolinin tarjoamista toimintamalleista ja mitataan opintokäynnin kiinnostavuutta asteikolla 1-4 (1=vähän kiinnostava, 2=jossain määrin kiinnostava, 3=kiinnostava ja 4=hyvin mielenkiintoinen). Toisessa mittarissa on lisäksi avoin vastausalue ”*mikä hyvää ja / tai mikä kehitettävää?*”. Kolmas mittari mittaa vierailua kokonaisuutena. Mittarissa on kaksi avointa osiota: 1) ”*Mikä oli Sinusta Kemianluokka vierailussa mielestäsi parasta ja miksi?*” ja 2) ”*Miten toivoisit toimintaa kehitettävän?*” sekä suljettu mitta-asteikko 4-10, jossa pyydettiin antamaan kouluarvosana vierailun onnistumiselle.

Verkkokysely lähetettiin sähköpostilla 65 opettajalle, joista 42 vastasi. Kyselystä lähetettiin muistutus kolme kertaa, joiden jälkeen lopulliseksi vastausprosentiksi muodostui 65 %. Osa opettajista ei vastannut kyselyyn, koska olivat peruneet vierailun tai hoitivat vain yhteydenoton kollegansa puolesta. Vastausprosentti on todellisuudessa siten vielä korkeampi kuin 65 %. Otos on tutkimuksen perusjoukkoon nähden edustava ja se nostaa tutkimuksen luotettavuutta.

Suljetusta kysymyksistä laskettiin esiintymisfrekvenssit ja keskiarvot. Aineiston syvempi tilastollinen käsittely jouduttiin rajaamaan pois, sillä havaintomäärät jäivät liian pieniksi. Avoimet kysymykset analysoitiin aineistopohjaisella sisällönanalyysillä, jolloin

analyysiluokat nostettiin esiin aineistosta (Tuomi & Sarajärvi, 2009). Sisällönanalyysistä on raportoitu esiin nostetut luokat ja niistä löytyneiden havaintojen frekvenssit (taulukko 4) sekä esimerkkejä opettajien avoimista vastauksista (V).

Tutkimuksen luotettavuutta alentaa tutkimuksen myöhäinen toteutusaika. Kyselyyn vastatessaan vastaajilla oli kulunut vierailusta aikaa aina muutamista kuukausista yli vuoteen, mikä on saattanut johtaa tiedon häviämiseen.

4. Tulokset

Tulokset esitellään seuraavassa tutkimuskysymyksittäin (ks. kappale 3).

4.1 Opettajien käyttämät toimintamallit

Ensimmäisen toimintavuoden aikana opettajien käyttämät toimintamallit voidaan jakaa seitsemään kategoriaan (taulukko 2).

Toimintamalleista suosituin ($f=13$) oli yleisesitys (Y) kemian alasta ja opiskelusta kemian laitoksella yhdistettynä Gadolinissa tapahtuvaan laboratoriotyöskentelyyn (Y+L). Seuraavaksi käytetyimpiä toimintamalleja olivat laboratoriotyöskentely yhdistettynä atk-luokassa tehtävään molekyylimallinnukseen (L+M) ($f=7$) sekä pelkkä laboratoriotyöskentely (L) ($f=7$). Opettajat käyttivät toimintamallina myös laboratoriota ja mallinnusta, johon oli yhdistetty yleisesitys (Y+L+M) ($f=5$) sekä edellistä mallia, jonka yhteydessä suoritettiin vielä tutkimuslaboratoriovierailu (Y+L+M+T) ($f=5$). Toimintamallia, johon sisältyi yleisesitys, laboratorio ja tutkimuslaboratoriovierailu (Y+L+M), käytettiin kahdesti sekä pelkkää yleisesitystä (Y) tultiin kuuntelemaan kahdesti.

Toimintamuodot jakautuvat tasaisesti opetusasteittain suhteutettuna vierailumääriin. Lukiolaisten vierailuihin sisältyi huomattavasti enemmän mallinnusta ($f=11$) kuin yläkoululaisten ($f=6$) vierailuihin.

Taulukko 2. Ensimmäisen toimintavuoden toimintamuodot.

#	Toimintamuoto	Alakoulu	Yläkoulu	Lukio	Muu	f	%
1	Y+L	1	5	5	2	13	30,95
23	L+M	-	5	2	-	7	16,67
23	L	1	1	3	2	7	16,67
4	Y+L+M	-	-	5	1	6	14,29
5	Y+L+M+T	-	1	4	-	5	11,90
67	Y+L+T	-	2	-	-	2	4,76
67	Y	-	1	-	1	2	4,76
	Yhteensä	2	15	19	6	42	100

4.2 Kemianluokka Gadolin -oppimisympäristön tuki kemian opetukselle koulussa

Tässä tutkimuksen osassa tarkastellaan, miten Kemianluokka Gadolin tuki koulujen kemian opetusta raportoimalla i) minkä kurssien yhteydessä Kemianluokka Gadoliniin vieraillaan ja ii) miten opettajat kertovat hyötynensä Gadolin -vierailusta.

Gadoliniin tehdään opintokäyntejä sekä peruskoulun että lukion kemian opetuksen tukemiseksi (taulukko 3). Opintokäyntejä tehdään eniten laboratoriokurssien (f=8) ja peruskoulun (f=8) sekä lukion kemian kurssien (f=5) yhteydessä.

Taulukko 3. Kurssit, joiden yhteydessä Kemianluokka Gadoliniin tehdään opintokäynti.

Kurssi	f
Laboratoriokurssi	8
Peruskoulun kemian kurssit	
Lukion 1, 2, 3, 4, 5	5
Valinnaiskurssi	3
Kertauskurssi	
Elintarvikekemian kurssi	2
Arkipäivään liittyvä kemian kurssi	1
8-luokan TET	
Biologia	
Yhteensä	27

Opettajat kokivat Kemianluokka Gadolinin tukevan kemian opetusta tarjoamalla:

- (1) oppimisympäristön, jossa yhdistyvät sekä korkealaatuinen laboratorio, laitteisto- ja ohjelmistoresurssit, joihin kouluilla ei ole varaa, että mahdollisuus oppilaille ja opiskelijoille työskennellä itse. Opettajat kokivat oppilaille ja opiskelijoille tarjottavan työskentelymahdollisuuden parantavan heidän motivaatiota kemian opintoja kohtaan.
- (V5) ”Oppilaat pääsivät tekemisiin sellaisten laitteiden kanssa, joita ei ole meidän koululla (esim. IR)”
- (V8) ”Kromatografia, spektroskopia ja molekyylihallitus ovat aiheita joita ei voi tehdä omassa koulussa ja ovat siksi erinomaisia vierailun aiheeksi. Opiskelijat saivat mielestäni ko. aiheista varsin hyvän kuvan”
- (V11) ”Eleverna fick arbeta i ett ordentligt laboratorium och säkerhetsaspekterna och arbetsmetoderna togs på allvar.”
- (V7) ”Oppilaat pääsivät itse työskentelemään oikeassa laboratoriossa. He näkivät myös, että koulun laboratoriossa opitut taidot kelpasivat hyvin yliopiston laboratorioon. Se motivoi oppilaita.”
- (V32) ”Oppilaat saivat laboroida ihan oikeassa laboratoriossa ja oppia uusia menetelmiä.”

- (2) kiinnostusta herättävän ympäristön, jossa opiskelijat pääsevät tutustumaan kemian yliopisto-opiskeluun ja korkealaatuisen kemian tutkimukseen. Opettajat pitivät myös tärkeänä tiedotusta kemian alasta yleisesti.

- (V1) *"Oppilaat näkivät aitoja laboratoriotiloja ja tutkijan kammioita."*
(V6) *"Oppilaat näkivät miten kemiaa tutkitaan korkea-asteella."*
(V34) *"Asiantuntemus, kiinnostusta luova ilmapiiri"*
(V36) *"Oppilaat näkevät myös yliopistoa, joka on käsitteenä kuitenkin lukiolaisille vähän kaukainen.."*
(V22) *"Yleisesitys oli valaiseva."*

4.3 Hyvät kokemukset ja haasteet sen käytössä

Opettajat arvioivat vierailun kiinnostavuuden asteikolla 1-4 ja kokonaisuuden kouluarvosanoilla 4-10. Molemmat osiot saivat erittäin korkeat arvioinnit. Vierailujen kiinnostavuus sai opettajilta keskiarvoksi 3,7, keskihajonnan ollessa 0,5 ja vaihteluvälin 2-4, N=41. Vierailut kokonaisuutena saivat keskiarvoksi 9,0 keskihajonnan ollessa 0,8 ja vaihteluvälin 7-10, N=41.

Avoimen palautteen sisällönanalyysin perusteella opettajien hyvät kokemukset sekä haasteet liittyivät seuraaviin luokkiin: i) korkealaatuisen laboratorioon ja resursseihin yleisesti, ii) oppilaiden mahdollisuuteen työskennellä itse, iii) mielenkiintoiseen yliopistoympäristöön ja iv) järjestelyihin, sisältöihin ja ohjaukseen (taulukko 4).

Taulukko 4. Hyvät kokemukset ja haasteet, f.

	Korkealaatuinen laboratorio ja muut resurssit	Oppilaiden työskentelymahdollisuus	Mielenkiintoinen yliopistoympäristö	Järjestely, sisältö ja ohjaus
Hyvät kokemukset	9	6	9	31
Haasteet	4	7	2	32

i) Korkealaatuinen laboratorio ja resurssit yleisesti

Sisällönanalyysissä havaintoja saatiin enemmän hyvistä kokemuksista (f=9) kuin haasteista (f=4). Opettajat kokivat Gadolinin tarjoavan resursseja, joihin kouluilla ei ole varaa. Laboratorio antaa myös kuvan oikeasta kemian laboratoriosta. Tietokoneavusteinen opetus tuotiin esille myös hyvänä uutena mahdollisuutena.

- (V4) *"Aidon laboratorion näköinen ja kaikki reagenssit löytyivät valmiina etsittynä. Oppilaiden ei tarvinnut metsästää niitä erikseen mistään"*
(V8) *"Kromatografia, spektroskopia ja molekyylihallitus ovat aiheita joita ei voi tehdä omassa koulussa ja ovat siksi erinomaisia vierailun aiheeksi. Opiskelijat saivat mielestäni ko. aiheista varsin hyvän kuvan"*
(V19) *"Tietokonetyöskentely, koska se oli uutta."*

- (V20) *"Se oli hyvää että näkivät millainen on oikea laboratorio, meillä kun sellaista ei ole."*

Kaksi opettajaa toi esille haasteita resursseihin liittyen. Kehittämiskohteina pidettiin kunnollisia kuumennusvälineitä ja toimivia laitteita:

- (V12) *"Labrassa olisi suotavaa käyttää kunnollisia kuumennusvälineitä."*
(V40) *"Laboratoriotoimintaa voisi vielä kehittää: toimivat laitteet, jos tullaan kaukaa tutustumaan johonkin tiettyyn menetelmään, niin olisi kiva että laitteet pelaavat"*

ii) Työskentely

Opettajat arvostivat sitä, että oppilaat saavat tehdä kokeita itse oikeassa laboratoriossa ja oppia uusia menetelmiä.

- (V3) *"Oppilaat saivat itse tehdä kokeita."*
(V32) *"Oppilaat saivat laboroida ihan oikeassa laboratoriossa ja oppia uusia menetelmiä."*
(V36) *"Oppilaat saavat työskennellä oikeassa laboratoriotilassa, jossa kunnolliset välineet."*

Osa kemian opettajista koki, että mahdollisuutta itse työskentelyyn ei hyödynnetty vierailuissa tarpeeksi, vaan opiskelijatyöt olivat liian valmisteltu oppilaille.

- (V22) *"Opiskelijoille labratöihin vähän enemmän mahdollisuutta omatoimiseen työskentelyyn."*
(V9) *"Lukiolaisille voisi olla jopa huomattavasti vaativampia töitä; itse laskemista, itse liuosten valmistamista jne. vaikka se veisi aikaakin."*

iii) Mielenkiintoinen yliopistoympäristö

Opettajat kokivat Kumpulan tiedekampuksen ja kemian laitoksen mielenkiintoisena ja opiskelijoita motivoivana ympäristönä (f=9).

- (V1) *"Oppilaat näkivät aitoja labratiloja ja tutkijan kammioita."*
(V6) *"Oppilaat näkivät miten kemiaa tutkitaan korkea-asteella."*
(V34) *"Asiantuntemus, kiinnostusta luova ilmapiiri"*
(V36) *"Oppilaat näkevät myös yliopistoa, joka on käsitteenä kuitenkin lukiolaisille vähän kaukainen.."*

Yksi kemian opettaja toivoi, että lyhyt laitoskierros sisältyisi automaattisesti yleisesitykseen.

- (V12) *"Useiden ryhmien intressinä on tutustua kemian laitokseen ja sen opiskelumahdollisuuksiin. Vaikka lyhytkin kierros yleisesityksen lisäksi voisi antaa kokonaisvaltaisemman kuvan."*

iv) Järjestelyt, sisältö ja ohjaus

”Järjestelyt, sisältö ja ohjaus” -luokasta saatiin eniten vastaushavaintoja ($f_{\text{hyvät kokemukset}}=31$ ja $f_{\text{haasteet}}=32$). Opettajat arvostivat järjestelyjen joustavuutta ja asiakaslähtöisyyttä. He pitivät suoritettuja laboratoriotöitä tasokkaina ja havainnollistavina.

- (V10) *”Kaikki toimi erittäin hyvin ja ohjaajat ottivat pienten oppilaiden ymmärtämystason hienosti huomioon.”*
- (V13) *”Ohjaaja suunnitteli koejärjestelyt juuri meitä varten. Ryhmä teki useita pieniä laborointeja.”*
- (V21) *”Hyvät työt ja hyvä opastus niihin. Työohjeet olivat selkeät ja työt havainnollisia.”*
- (V31) *”Palvelu! Esittämääni aihepiiriin ehdotettiin monenlaista tekemistä, tämä oli helpottavaa opettajalle! Tultiin paikalle ja vetäjät hoitivat homman asiantuntevasti ja huolella.”*
- (V35) *”Toteutuksen helppous, kun ei itse tarvinnut kuin valita aika ja toivoo aihetta, muu tehtiin valmiiksi!”*

Kehittämiskohteina tuotiin esille muuan muassa töiden sitomista isompiin aihekokonaisuuksiin, alakoulujen töiden muokkausta, varaamisajan pidentämistä ja verkossa olevien töiden tarkempaa kuvausta.

- (V34) *”Töiden sitouttamista isompiin asiayhteyksiin, teknologia ajankohtaiset kemian alaan liittyvät asiat ympäristössä jne”*
- (V28) *”Alakoululle tarkoitettuja laboratoriotöitä voisi vähän muokata - luokanopettajille tutumpaan ja turvallisempaan suuntaan. Samoin joistain aiheista, esim. vedestä voisi tehdä oppilastöistä koostuvan jatkumon: tätä esi- ja alkuopetukseen, tätä 3.-4.-luokkalaistille ja tätä 5.-6.-luokkalaistille. Näin saataisiin jatkuvuus ja aiheen tavoitteiden kehittyminen esille ja ehkä käyttäjäkunta sitoutettua tulemaan uudelleen.*
- (V29) *”Varaaminen on liian aikaisin. Jakson alussa ei voi olla varma ryhmän toiminnasta ja jakso kestää vain 6 vkoa ja jos pitää varata 4 vkoa ennen, jää jäljelle kovin vähän varaa.”*
- (V16) *”Etukäteen olisi ehkä mielekästä tietää laboratoriotöistä tarkempi kuvaus. Nyt osui työ, jonka tyyppinen oli tehty jo koulussa.”*

5. Johtopäätökset ja pohdinta

Tapaustutkimus osoittaa, että Kemianluokka Gadolinille asetetut tavoitteet pedagogisena oppimisympäristönä ovat pääosin toteutuneet hyvin tutkimukseen osallistuneiden opettajien näkökulmasta ensimmäisenä toimintavuotena. Kokonaisarvosanaksi toiminnalle annettiin kiitettävä. Opettajat korostivat, että Gadolinin parhaita puolia on palvelu. Vierailukäynnit, sisällöt ja ohjaus räätälöitiin jokaisen opettajan asettamien tavoitteiden mukaisesti.

Tutkimuksessa tuotiin esille myös uuden fyysisen oppimisympäristön merkitys. Gadolinissa on oppilaiden käytössä välineitä, joihin koulutyöskentelyssä ei ole aina mahdollisuutta tutustua (vrt. Lehtinen, 2005). Laboratorion modernit tutkimuslaitteet koettiin tärkeänä mahdollisuutena. Tietokoneavusteinen molekyylihallinnus oli myös tuonut uutta opetukseen (vrt. Aksela, 2008).

Tutustuminen Kumpulán tiedekampukseen ja kemian laitokseen sekä sen huippututkimukseen koettiin motivoivan opiskelijoita (vrt. Aksela, 2008, Syrjäläinen & Aksela, 2008). Jatkossa tutkimaan Kemianluokka Gadolinia pedagogisena oppimisympäristönä oppilaiden näkökulmasta. Mielikuvat tulevaisuuden ammasteista muodostuvat varhain ja ohjaavat oppilaiden valintoja. Oppilaiden on tärkeä saada innostavia kokemuksia kemiasta jo perusopetuksesta lähtien.

Lähteet

Aksela, M. (2008). Tiedekampus oppimisympäristönä: koululaisten kokemuksia toiminnallisesta opintokäynnistä kemian laitoksella. Julkaisussa Välisaari, J. & Lundell, J. (Toim.) Kemian opetuksen päivät 2008: Uusia oppimisympäristöjä ja ongelmalähtöistä opetusta (s. 21-26). Jyväskylä, Jyväskylän yliopisto 2008. <https://www.jyu.fi/kemia/tutkimus/opettajankoulutus/kop2008/>, luettu 12.12.2009.

Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). *Research Methods in Education*. New York, Routledge.

Kemianluokka Gadolin (2009). Toimintakertomus. Toim. M. Aksela, & J. Pernaa, http://www.helsinki.fi/kemianluokka/materiaalia/toimintakertomus_0809.pdf, luettu 12.12.2009.

Lehtinen, S. (2005). Toiminnallinen opintokäynti. Teoksessa *Motivoivat materiaalit ja innovatiiviset työtavat opetuksen tukena*. Mirror -tuloksia ja hyviä käytäntöjä. Manninen, Mieltinen & Kiviniemi (Toim.), Teknologiateollisuus ry. http://www.mirror4u.net/opettajat/Mirror3j_motiv_innovat.pdf, luettu 12.12.2009.

Manninen, J., & Pesonen, S. (1997). Uudet oppimisympäristöt. *Aikuiskasvatus*, 4, 267–274.

POPS. (2004). Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004. Opetushallitus. Helsinki, Painatuskeskus.

Opetushallitus. (2008). Oppimisympäristöt. <http://www.edu.fi/SubPage.asp?path=498,49890>, luettu 12.12.2009.

Syrjäläinen, N., & Aksela, M. (2008). Kemian aineenopettajaopiskelijoiden mielikuvia erilaisista oppimisympäristöistä ja niiden hyödyllisyydestä kemian opetuksessa. Kirjassa J. Välisaari, & J. Lundell (Toim.) Kemian opetuksen päivät 2008: Uusia oppimisympäristöjä ja ongelmalähtöistä opetusta (s. 13-20). Jyväskylä, Jyväskylän yliopisto 2008. <https://www.jyu.fi/kemia/tutkimus/opettajankoulutus/kop2008/>, luettu 12.12.2009.

Tuomi, J., & Sarajärvi, A. (2009). *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi*. Jyväskylä, Tammi.

Tutkiva kemian opettaja: Kemian käsitteiden ja ilmiöiden opetus sekä oppiminen

Maija Aksela, Riikka Ahvenniemi, Johannes Anttila, Suula Arppe, Susanne Bergström-Nyberg, Jaana Herranen, Kai Kaksonen, Satu Karihuhta, Jaakko Lohenoja, Sonja Meriläinen, Patricia Nevanko, Tom Olsson, Antti L. Pohjola, Minna-Liisa Rantaniemi, Kirsi Ravanko, Tiina Soramies, Hannu Särkkä, Piia Tikkanen, Anna Tähtinen, Kaarina Vakkala, Jenni Västinsalo & Eija Zitting

Kemian opettajankoulutusyksikkö, kemian laitos, Helsingin yliopisto

Kemian opettajankoulutuksen tavoitteena on kouluttaa nk. tutkivia kemian opettajia, jotka osaavat seurata uusinta kemian ja sen opetuksen tutkimustietoa, soveltaa sitä opetukseen sekä kehittää itseään elinikäisen oppimisen periaatteen mukaisesti. Koulutuksen viimeisellä kurssilla *Kemian opetuksen keskeiset alueet II* tavoitteena on syventää kemian oppimiseen ja opettamiseen liittyviä tietoja ja taitoja, perehtyä syvällisesti alan tutkimuskirjallisuuteen ja muihin tietolähteisiin, saada eväitä elinikäiseen oppimiseen sekä innostavia ja kannustavia kokemuksia tulevaan kemian opettajan työhön. Kurssilla keskitytään erityisesti opiskelijan vaikeiksi tai haastaviksi kokemiin kemian aiheisiin opetuksessa. Kurssiin kuuluu pääosin itsenäistä opiskelua, mutta myös jonkin verran työskentelyä parin tai ryhmän kanssa, aktiivista keskustelua lähitapaamisissa ja oppimisalustalla, vertaismentorointia sekä kohokohtana osallistuminen valtakunnallisille kemian opetuksen päiville. Kevään 2009 kurssin opiskelijoiden yhtenä kurssitehtävänä oli tehdä pareittain tai pienryhmässä posterit valitsemastaan aiheesta tutkimuskirjallisuuden perusteella ja esitellä sitä päivien osallistujille sekä keskustella siitä opettajien kanssa työpajassa *Tutkiva kemian opettaja – kemian käsitteiden ja ilmiöiden opetus*. Työpajan tavoitteena oli peilata käytännön tietoa tutkimustietoon. Harjoituksen lopuksi kurssin 21 opiskelijaa opiskelivat tieteellistä kirjoittamista ja tekivät ohjauksessa kirjoituksen julkaistavaksi tässä kirjassa. Seuraavaan on koottu opiskelijoiden kirjoitukset abstrakteineen kahdeksasta aiheesta käytettäväksi kemian opetuksessa: 1. ainemäärä, 2. atomiorbitaalit, 3. kemiallinen sidos, 4. jaksollinen järjestelmä, 5. hapot ja emäkset, 6. elektrolyysi, 7. kemiallinen tasapaino sekä 8. arkipäivän kemiaa (vardagskemi). Jokaisessa artikkelissa esitetään opiskelijoiden mielestä opetuksessa huomioitava tutkimustieto sekä tuodaan esille yksi esimerkki, miten ko. käsitettä ja ilmiötä voidaan opettaa joko perusopetuksessa tai lukiossa.

1. Ainemäärän opetus ja oppiminen

(Kai Kaksonen & Jenni Västinsalo)

Ainemäärää pidetään yhtenä tärkeimpänä kemian käsitteenä, jotta kemian laaja-alainen ymmärtäminen olisi mahdollista. Kuitenkin monien tutkimusten mukaan ainemäärä ja siihen liittyvät käsitteet ovat monille oppilaille haastavia omaksua. Ainemäärän opettamisen suurimmat haasteet liittyvät ainemäärän abstraktiuteen, josta seuraa vaihtoehtoisia käsityksiä. Yleinen vaihtoehtoinen käsitys on, että ainemäärä on joko massa, tilavuus tai lukumäärä. Oppilaat saattavat myös ajatella, että mooli koskee vain molekyyliä eikä atomeja ja että määrä moolin määritelmässä tarkoittaa muuttumatonta massaa. Ainemäärää opiskeltaessa oppilaat joutuvat ottamaan käyttöön uuden suuren ja suuren yksikön. Ainemäärän opetuksessa on tärkeää luoda tilanne, jossa oppilaalle syntyy tarve uudelle suurelle, tilanne, jossa lukumäärä, massa ja tilavuus tulevat riittämättömiksi. Tässä artikkelissa esitellyssä opetustavassa lähestytään moolin käsitettä konkreettisten esimerkin kautta, jossa tarkastellaan auton rakentumista sen osasista renkaista, korista ja moottorista. Tavoitteena on havainnollistaa reaktioyhtälön kertoimien merkitystä sekä moolin käsitettä.

1.1 Haasteita ainemäärän oppimisessa ja opetuksessa

Ainemäärä on usein kemian opetuksen koetinkivi niin oppilaalle kuin opettajalle. Oppilailla on suuria vaikeuksia ymmärtää käsitteitä mooli ja ainemäärä ja tehdä eroa käsitteiden välillä. Lisäksi joidenkin opettajien käsitykset ainemäärästä eroavat huolestuttavasti IUPAC:in antamasta määritelmästä. (esim. Staver & Lumpe, 1995) Tutkimuskirjallisuudesta löytyy lukuisia tutkimuksia (esim. Gabel & Bunce, 1994), jotka käsittelevät oppilaiden vaikeuksia oppia käsitettä ainemäärä. Yhteistä tutkimuksien tuloksille on oppilaiden vaikeus ymmärtää moolin tieteellistä käsitettä.

Ainemäärä herättää oppilaissa hämmennystä ja saattaa aiheuttaa vaihtoehtoisia käsityksiä. Suurimmaksi vaikeudeksi on osoittautunut ainemäärän käsitteen abstraktin luonteen ja sanan mooli laajan käsityskentän: itsenäinen massan yksikkö, annos ainetta, partikkelien lukumäärä jne. (Dierks 1981) Oppilaat myös usein käsittävät moolin massana, eivätkä osaa käyttää sitä ainemäärän yksikkönä. (Cervellati et al, 1982). Oppilaat saattavat uskoa, että mooli koskee vain molekyyliä eikä atomeja ja että määrä moolin määritelmässä tarkoittaa muuttumatonta massaa. (Krishnan & Howe, 1994). Ongelmallista on myös se, että osa oppilaista käsittää moolin lukumääränä ja osa massana grammoissa, vaikka mooli on määritelty IUPAC:issa yksiselitteisesti toisin. Syiksi näihin käsityksiin on nostettu kaksi syytä: oppilaiden kykenemättömyyden käsitellä asiaa sekä makro- että mikrotasolla ja puutteellisen konseptin käsityksen sekä algoritmien ja sääntöjen ulkoa opettelun. (Staver & Lumpe, 1995) Oppilaille on haastavaa ainemäärän yhteydessä törmätä sekä ylettömän suuriin lukuihin sekä hurjan pieniin lukuihin, joka tekee suhteuttamisesta haastavaa.

Opettajalla on oltava oma tietorakenne hyvin kasassa, jotta hän pystyisi selvittämään asian tai ilmiön oppilaille. Ei ole itsestään selvää, että kaikille opettajillekaan moolin käsite olisi kristallin kirkas. Opettajatkin käsittävät toisinaan ainemäärän massana tai yksiköiden lukumääränä. Opettajille ainemäärän syvällinen ymmärtäminen on haastavaa, jos he eivät tunne ainemäärä käsitteen historiaa. (Furio & al. 2000) Koska mooli on käsite, jonka tiedemiehet ovat laatineet ratkaistakseen kemiallisia laskutoimituksia, oppilaiden vaihtoehtoisia käsityksiä ei voi kutsua intuitiivisiksi käsityksiksi. Vaihtoehtoiset käsitykset ilmenevät puutteellisen opetuksen tai sopimattomien opetusmetodien vuoksi. (Gabel & Bunce, 1994)

1.2 Ainemäärän mielekäs opettaminen

Ainemäärän ja moolin käsitteiden opettaminen vaatii opettajalta paljon. Tutkimuksissa on osoittautunut, ettei ainemäärän opetus tue riittävästi oppilaan mielekästä oppimista nykyisessä muodossaan. (Furio & al, 2000) Ainemäärä on uusi suure, jonka oppilaat ottavat käyttöönsä. Oppilaille tulisi luoda konkreettinen tarve tämän uuden suureen käyttöönotolle. Heidän pitää todella kokea tilanne, jossa massa, tilavuus ja partikkelien lukumäärä tulevat riittämättömiksi. Oppilaiden tulisi tuntea ennen ainemäärän opetusta suhteellinen atomimassa, kemialliseen reaktioyhtälön malli sekä ymmärtää aineen hiukkasluonne ja aineiden kemiallisen muodostumisen lait.

Analogiat ovat tiettyyn pisteeseen saakka toimiva tapa esitellä oppilaille ainemäärä. Suhteellinen atomimassa voidaan opettaa käyttämällä hedelmäsalaattianalogiaa, jossa samasta määrästä greippejä ja kirsikoita valmistetaan hedelmäsalaattia. Myös pankkianalogia toimii samaan tapaan. Oppilaiden on helppo ymmärtää miksi pankissa kolikot ennemmin punnitaan kuin lasketaan yksitellen.

Kun halutaan nostaa esiin aineiden moolien tai molekyylien lukumäärä kemiallisessa reaktiossa, voi ajattelua aktivoivina kysymyksinä olla ”millä on suurin määrä”, kun oppilaat vertaavat esim. munien, melonien ja kultaharkkojen määrää, tilavuutta tai massaa. On olemassa lukuisia analogeja, joilla voi havainnollistaa moolia ja Avogadron lukua. Esimerkkinä Avogadron luvun suuruuden havainnollistaminen ilmaistessa Tyynen valtameren tilavuus millilitroina ($7 \cdot 10^{23}$ millilitraa). Jotta voitaisiin tuoda esiin partikkelien laskemisen tärkeys punnituksen avulla, voidaan analogiaksi ottaa purkillisen karamelleja laskeminen punnitsemalla ne.

Analogioiden kanssa on kuitenkin oltava varovainen, jotteivät ne jää oppilaille liian vallitseviksi. Analogian on oltava ymmärrettävä, sen on oltava oppilaalle tuttu ja kemiallinen viitekehys on selvästi nähtävä. Analogialle johdettu ratkaisu on oltava sovellettavissa kemiallisen ongelman ratkaisuun ja analogioita on käytettävä pitkän ajan kuluessa. (Friedel *et al.* 1990)

Tietotekniikkaa voi hyödyntää myös ainemäärän opetuksessa. Se mahdollistaa oppilaan liikkumisen helpommin makro-, mikro- ja symbolitasoilla sekä kannustaa käyttämään ja kehittämään ongelman ratkaisutaitoja. Oppilaat pystyvät ainemäärää ja moolia havainnollistavien tietokoneohjelmien avulla paremmin käsittämään ainemäärän yleisen luonteen (Dori & Hameiri, 1998). Oppilaita auttaa ainemäärän käsitteen omaksumisessa, kun he pystyvät aktiivisesti toimimaan opiskeltavan aiheen parissa. Hyvän aktiivisen vaikuttamisen oppimisympäristön tarjoaa ainemäärän opetukseen tehty tietokoneohjelma. (Yalcinap *et al.* 1995)

1.3 Konkreettiseen analogiaan perustuva lähestymistapa ainemäärän opetuksessa

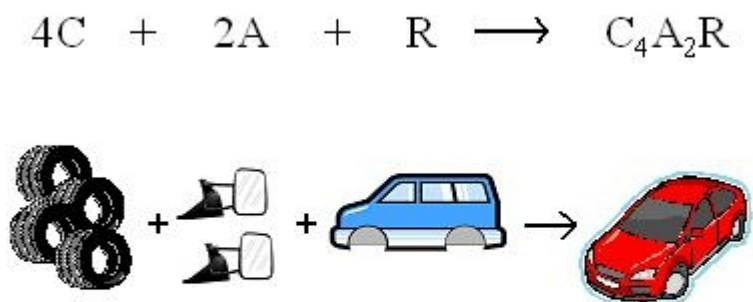
Monille opiskelijoille moolin käsitteen oppiminen ja hahmottaminen on melko hankalaa ja samalla sen käyttö reaktioyhtälössä on vaikeaa. Tässä opetustavassa lähestytään moolin käsitettä konkreettisten esimerkin kautta, joka linkittyy opiskelijoiden arkipäivään.

Opetuksen taustatietona on ainemäärän käsitteen läpikäynti ja moolin käsitteeseen tutustuminen. Tämän jälkeen muodostetaan yhteys moolin ja reaktioyhtälön kertoimien välillä. Samalla hahmotuu se, että mooli voi kuvata mitä tahansa perusosasta ja niistä koostuvia asioita. Tavoitteena on moolin käsitteen avautuminen oppilaalle, reaktioyhtälön kertoimien merkinnän oppiminen ja reaktioyhtälön tasapainottaminen sekä oikeat merkintätavat. Seuraavassa esimerkkinä esitetään analogia autojen rakentaminen:

Kysytään ensin opiskelijoilta, mitä autojen rakentamiseen tarvitaan eli mitkä ovat kolme keskeisintä rakennneosasta. Oletetaan, että oppilaat esittävät tässä tapauksessa keskeisimmiksi osiksi korin, renkaat ja sivupeatit.

Tämän jälkeen opettaja piirtää keskeiset rakenneosat taululle. Ensin neljä rengasta, joiden yläpuolelle hän piirtää ison C-kirjaimen kuvaamaa maata, jossa renkaat on valmistettu. Seuraavaksi opettaja kirjoittaa plus-merkin ja sitten piirtää seuraavan rakenneosan, joka olisi auton sivupeilit. Tämän yläpuolelle opettaja kirjoittaa ison A-kirjaimen kuvaamaan puolestaan maata, joka on tuottanut sivupeilit. Viimeiseksi plusmerkin jälkeen piirretään kori ja sen yläpuolelle kirjain R, joka jälleen kuvaa kuviteltua valmistusmaata ja näin reaktioyhtälön vasen puoli on valmis.

Reaktioyhtälön oikealle puolelle opettaja piirtää auton, jossa on liitettynä renkaat, kori ja moottori. Valmiin auton yläpuolelle opettaja kirjoittaa tekstin CAR, kuvaamaan kombinaatiota, joka perusosasten yhteenliittymisestä muodostui. Opettaja toteaa, että auto on valmis, mutta rakentamista kuvaava teksti $C + A + R \rightarrow CAR$ ei ole vielä täysin valmis, koska se ei kuvasta osien määrien suhteita. Tässä yhteydessä opettaja voi hiukan kertoa reaktioyhtälön kertoimista ja voidaan yhdessä pohtia, miten se saataisiin täsmäämään ja kuinka se oikeaoppisesti kirjoitetaan, jolloin päästään yhtälöön: $4C + 2A + R \rightarrow C_4A_2R$. Autokuvan alle voidaan vielä liittää lopuksi jokin kemiallinen reaktioyhtälö kuvaamaan sitä, että myös kemialliset aineet rakentuvat aivan samalla tavalla.



Kuva 1. Automallin avulla selkiytetty reaktioyhtälö

Jotta oppilas sisäistää moolin käsite, voidaan nyt alkaa pohtia useamman auton valmistusta. Esimerkiksi kysymykset ”kuinka monta rengasta tarvitaan kahden auton valmistukseen”, ”kuinka monta autoa voi tehdä tusinasta koreja” ja ”kuinka monta autoa syntyy, jos meillä on tiu renkaita” auttavat rakentavat analogiaa, joka tukee moolin käsitteen oppimista.

Opiskelijoiden oppimista voi hahmottaa esimerkiksi pienellä harjoituksella reaktioyhtälön kertoimien määrittämisestä, jonka vierustoveri voi tarkistaa. Tämän jälkeen voidaan yhdessä vielä käydä läpi mitkä asiat ovat jääneet epäselviksi.

Lähteet

Cervellati, R., Montuschi, A., Perugini, D., Grimellini-Tomasini, N., & Pecorini Balandi, B. (1982). Investigation of secondary school students' understanding of the mole concept in Italy. *Journal of Chemical Education*, 59, 852-856.

Dierks, W. (1981). Teaching the mole. *European Journal of Science Education*, 3, 145-148.

Dori, Y. J., Hameiri M. (1998). The 'Mole Environment' studyware: applying multidimensional analysis to quantitative chemistry problems. *International Journal of Science Education*, 20 (3), 317- 333.

Friedel, A., Gabel, D. L., & Samuel, J. (1990). Using analogs for chemistry problem solving: Does it increase understanding? *School Science and Mathematics*, 90, 674-682.

Furio C., Azcona R., Guisasola J., Ratcliffe M. (2000). Difficulties in teaching the concepts of 'amount of substance' and 'mole'. *International Journal of Science Education*, 22(12), 1285-1304

Gabel, D. L., & Bunce, D. M. (1994). *Handbook of research on science teaching and learning*. Research on problem solving: Chemistry. New York, MacMillan Publishing.

Krishnan, S. R., & Howe, A. C. (1994). The mole concept developing an instrument to assess conceptual understanding. *Journal of Chemical Education*, 71, 653-655.

Staver, J. R., & Lumpe, A. T. (1995). Two Investigations of students' understanding of the mole concept and its use in problem solving. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 177-193.

2. Atomiorbitaalien kontekstuaalinen opetus

(Jaakko Lohenoja & Hannu Särkkä)

Artikkelissa lähestytään atomiorbitaalien opetusta kontekstuaalisen oppimisen näkökulmasta, tarkoituksena on siirtyä teoriasta käytännön kautta sovelluksiin. Atomiorbitaalien opetuksessa oppilaille saattaa jäädä epäselväksi, mihin niitä tarvitaan. Oppiminen saattaa jäädä irrallisen faktatiedon opiskeluksi. Kontekstuaalista lähestymistapaa tukee myös lukion opetussuunnitelman teknologia ja yhteiskunta aihekokonaisuus. Yleisin esimerkki atomiorbitaalien käytämisestä on liekkiemissiospektroskopia, jota voidaan helposti demonstroida liekkikokeiden avulla.

2.1 Haasteita atomiorbitaalien opetuksessa ja oppimisessa

Keskeisenä sisältönä vuoden 2004 lukion valtakunnallisten opetussuunnitelmien perusteiden mukaisella kurssilla KE 2 on ”elektroniverhon rakenne ja atomiorbitaalit” (LOPS, 2004).

Oppilaat sekoittavat usein elektronikuoret ja orbitaalit keskenään. Orbitaalit ymmärretään usein planaarisiksi käytetyistä malleista ja kuvista johtuen. Elektronikuorien täyttymiseen tulisi ennemmin käyttää apuna jaksollista järjestelmää kuin erillistä muistisääntöä. Tärkeää olisi myös liittää abstraktit teoriat oppilaille tuttuun kontekstiin.

Tsarpaliksen (2006) tutkimuksen mukaan atomien ja molekyylien rakennetta opetettaessa tulisi lähteä liikkeelle kvanttiluvuista ja elektronikuorien täyttymisperiaatteesta, sekä atomiorbitaalien esittämisestä todennäköisyytenä paikallistaa elektroni atomin ympäriltä. Oppilailla oli suuria vaikeuksia kvanttilukujen selittämisessä, sekä sen ymmärtämisessä että atomiorbitaalit ovat matemaattisia funktioita.

2.2 Atomiorbitaalien kontekstuaalisesta opettamisesta

Gilbertin (2006) mukaan kemian opetuksen haasteita ovat sisällön suuri määrä, joka johtaa helposti faktatiedon ulkoopetteluun. Opittuja asioita ei kyetä soveltamaan, eivätkä oppilaat koe kemiaa merkityksellisenä, oppilaat jotka eivät jatka kemian opiskelua eivät hyödy tulevaan tähtäävästä opetuksesta. Lukion kemiassa atomiorbitaalit tulevat esiin vasta valinnaisissa kursseissa, joten kurssin valinneilla on todennäköisesti tavoitteena jatko-opinnot, joissa vaaditaan laajempaa kemian osaamista. Kontekstuaalinen oppimisen avulla voidaan sitoa opetettava asia oppilaita koskettaviin konteksteihin, tällöin voidaan päästä eroon irrallisten faktojen opiskelusta. Kontekstin tarkoituksena on antaa merkitys oppimalleen tiedolle. (Gilbert, 2006) Oppilaiden ymmärtäessä mihin heidän oppimaansa tietoa käytetään, he voivat luopua irrallisten faktatietojen opiskelusta. Käytettäessä useampia konteksteja asian opiskeluun vahvistetaan oppilaiden kykyä soveltaa oppimaansa uudessa kontekstissa.

Kontekstuaalista oppimista voidaan luokitella neljän mallin avulla. Ensimmäisessä mallissa esitellään teorian käyttöä sovelluksissa. Toisessa mallissa teoria ja sen sovellukset ovat vuorovaikutuksessa keskenään. Kolmannessa mallissa oppilas rakentaa kontekstin oman ajattelunsa kautta. Neljäs malli rakentaa kontekstin sosiaalisten olosuhteiden perusteella. (Gilbert, 2006) Seuraavassa esitellään Liekkiemissiospektrometria atomiorbitaalien sovelluksena ja viimeisessä kappaleessa on esimerkkejä sen käytöstä kemian tutkimuksessa:

Opetussuunnitelman perusteissa eräänä aihekokonaisuutena on Teknologia ja yhteiskunta, jota toteutetaan mm. tutustumalla eri alojen teknologioihin. Aihekokonaisuuden opetuksessa pyritään korostamaan teknologian ja yhteiskunnan kehittymisen vuorovaikutteisuutta. Kemian opetukselle on myös luonteenomaista kokeellinen työskentely. (LOPS, 2004)

Liekkiemissiospektrometria on eräs esimerkki atomiorbitaalien sovelluksista. Se on yksinkertainen, halpa ja herkkä menetelmä alkali- ja maa-alkalimetallien sekä joidenkin siirtymämetallien analysointiin mm. keraamisista, kliinisistä ja ympäristönäytteistä. (Willard, 1988) Liekkiemissiospektroskopian etuja on näytteiden helppo valmistelu, yksinkertaisimmillaan näyte laimennetaan ja syötetään liekkiin. (Christian, 2003)

Liekkiemissiospektrometriassa tutkittavaa liuosta suihkutetaan liekkiin, jolloin metalli-ionit muuttuvat metalliseen muotoon. Liekin energia virittää atomien elektronit perustilalta virittyneelle tilalle. Kun virittyneet elektronit palaavat perustilaan, emittoituu kyseiselle alkuaineelle ominaisen aallonpituuden säteilyä. Emissio tapahtuu ultravioletin ja näkyvän valon aallonpituuksilla. Säteily ohjataan valodetektorille, joka mittaa emittoituneen valon intensiteetin. Valon intensiteetti on suoraan verrannollinen tutkittavan aineen konsentraatioon, jonka määrittämiseksi aineesta on tehtävä kalibraatiosuora. (Willard, 1988)

Liekkiemissiospektroskopiaa käytetään nykyisin enimmäkseen natriumin ja kaliumin määrittämiseen, nämä virittyvät jo matalaenergisellä liekillä. Oksiasetyleenin liekillä voidaan virittää noin 60 alkuainetta. Liekkiemissiospektroskopiaa käytetään yhä natriumin ja kaliumin pitoisuuden määrittämiseen seerumista. (Christian, 2003) Liekkiemissiospektrometrian periaatetta voi demonstroida tavallisilla liekkikokeilla.

Seuraavassa on muutamia simerkkejä liekkiemissiospektrometrian käytöstä kemian tutkimuksessa: Intialaisen Deogiri Collegen tutkijat Patil ja Arbad (2003) selvittivät merivesinäytteiden natriumpitoisuuksia liekkifotometrisellä mittaumenetelmällä. Egyptiläisen Menian yliopiston tutkija Saleh (1995) testasi tutkimusryhmänsä kanssa organofosfiiniyhdisteisiin perustuvan kaliumpitoisuuden mittaukseen soveltuvan elektrodin käyttöä maa- ja kasvinäytteiden analyyseissä. Elektrodilla mitattuja tuloksia verrattiin liekkifotometrillä saatuihin tuloksiin. Venäläisen Irkutskin kemian instituutin tutkijat Martynova ja Voronkov (2000) syntetisoivat heptametyylisyklotetrasiloksaania, mikä on lupaava yhdiste käytettäväksi elektroniikkateollisuudessa. Tuotteen epäpuhtauksien selvittämiseen he käyttivät mm. liekkifotometristä analyysejä.

Lähteet

- LOPS. (2004). *Lukion valtakunnalliset opetussuunnitelmat (2004)*. Helsinki, Opetushallitus.
- Cervellati R., & Perugini D. (1981). The Understanding of the Atomic Orbital Concept by Italian High school Students. *Journal of Chemical Education*, 58 (7), 568-569.
- Gilbert, J. (2006). On the Nature on "Context" on Chemical Education. *International Journal of Science Education*, 28 (9), 957-976.
- Willard, H. H., Merritt, L. L., Dean, J. A., & Settle, F. A. (1988). *Instrumental Methods of Analysis*. California, Wadsworth Publishing Company.
- Patil, C. S., & Arbad B. R. (2003). Flame Photometric Determination of Traces of Sodium Content of the Sea Water Sample. *Asian Journal of Chemistry*, 15 (1), 557 - 558.
- Saleh M. B., Taha, F., & Aof, G. S. (1995). Potentiometric Potassium Selectivity on Polymer Membrane Electrodes Prepared with Organo-Phosphine Ligands. *Electroanalysis*, 7 (8), 770-773.
- Martynova, T. N., & Voronkov M. G. (2000). Synthesis of High-purity Heptamethylchlorocyclo-tetrasiloxane. *Russian Journal on Chemistry*, 73 (5), 921-922.
- Tsaparlis, G. (1997). Atomic Orbitals, Molecular Orbitals and Related Concepts: Conceptual Difficulties Among Chemistry Students. *Research in Science Education*, 27 (2), 271-287.
- Christian, G. (2003). *Analytical chemistry*. Hoboken, Wiley.

3. Kemiaallisen sidoksen opettaminen ja oppiminen

(Johannes Anttila, Tom Olsson & Antti L. Pohjola)

Kemiaallinen sidos on oppilaille vaikeasti opittava kemian osa-alue. Keskeisiksi haasteiksi on havaittu mm. sidoksen aineellisuus ja erilaisten sidosten luonteeseen liittyvät sekaannukset. Artikkelissa esitellään esimerkkinä kemiaallisen sidoksen opettamisesta yhteistoiminnallinen palapelimalli. Se kehitettiin aikanaan luokkatyöskentelyssä tapahtuvan yhteistyön lisäämiseksi, jolloin oppilaiden toivotaan käsittävän toisensa ennemmin resursseina kuin kilpailijoina. Opetustavan etuina on mainittu mm. ohjeistamisen ja toteuttamisen helppous, syventynyt ymmärrys opetettavasta aiheesta, virhehäilysten vähentyminen ja oppilaiden aktivoituminen.

3.1 Haasteita kemiaallisen sidoksen opettamisessa ja oppimisessa

Tutkimuskirjallisuudessa on havaittu seuraavia kemiaallisen sidoksen oppimisen haasteita:

- Sekaannuksia ionisidoksen ja kovalenttisen sidoksen välillä. Osa oppilaista ei miellä muunlaisia sidoksia sidoksiksi.
- Sidos aineellinen. Reaktiossa aineet liimaantuvat yhteen.
- Elektronegatiivisuuden vaikutus sidokseen on epäselvä. (Esim. MgCl on kovalenttinen)
- Ionisidokset eivät hajoa liuetessaan: vain molekyylien väliset sidokset särkyvät. (Esim. NaCl vedessä)
- Osa sidoksista mielletään ”voimina”, muttei varsinaisina sidoksina.
- Endotermiset reaktiot eivät voi olla spontaaneja.
- Oktettisääntö ajaa kemiaallisia reaktioita (esim. ionisidokset) (Boo, 1998; Horton, 2007)

Doymus Kemal (2008) käsittelee artikkelissaan kemiaallisten sidosten opettamisessa palapelimallia. Malli perustuu yhteistoimintaan ja vertaisopetukseen. Oppimisen todetaan olevan aktiivinen prosessi. Kemiaallinen sitoutuminen valittiin tutkimuksen aiheeksi sen vaikean opettavuuden takia. Yhteistoiminnallisessa oppimisessa oppilaat tai opiskelijat jaetaan pieniin ryhmiin, joissa maksimoidaan jokaisen oppilaan tai opiskelijan oppiminen. Yhteistoiminnallisen oppimisen edut ovat, että oppijat oppivat enemmän, heidän sosiaaliset taitonsa kehittyvät ja heidän yhteistyöstä tulee tuottavampaa. Yhteistoiminnallisia oppimisen tekniikoita on erilaisia ja palapelitekniikka on niistä yksi. Palapelitekniikan hyvinä puolina mainitaan ohjeistamisen ja toteuttamisen helppous.

Tutkimus tehtiin Ataturkin yliopistossa Turkissa 36:lle yleisen kemian opiskelijalle kahdesta eri luokasta. Ensimmäistä ryhmää, 20 opiskelijaa, opetettiin perinteisesti opettajajohtoisesti. Toista ryhmää, 16 opiskelijaa, opetettiin palapelimallin avulla. Opetuksen jälkeen tehtiin CBAT-testi kaikille 36 oppilaalle. Testin tuloksista käy ilmi, että palapeli-opetus oli huomattavasti tehokkaampaa kuin opettajajohtoinen opetus. Kaikilla osa-alueilla palapeliopetuksessa tuli parempi tulos. Palapeliryhmien parempaan oppimiseen nähtiin syyksi ryhmiin jako ja se, että jokaisesta oppilaasta tuli jonkin aihealueen ekspertti. Tutkimuksessa nähtiin yhteistoiminnallisen hyvänä puolena se, että jokainen oppilas sai kuulla monelta eri oppilaalta käsityksensä kaikista aihealueista. Työskentelyn aikana syntyi lukuisia eri vertaisopetuksen tuokioita. Etenkin avoimen kysymyksen vastauksia vertaillen metodin käyttäjien ja perinteisen opetuksen välillä artikkelissa todettiin, että metodin käyttäjille syntyi syvempi ymmärtämisentaso aiheeseen.

Johtopäätöksenä tutkimukselle Doymus Kemal (2008) toteaa käytetyn metodin lisäävän akateemista menestystä opiskelijoille, vähentävän väärinkäsityksiä aiheesta ja tekemään opiskelijat aktiivisemmiksi.

Idea palapelimalliin on peräisin Elliot Aronsonilta (1978) 1970-luvulta. Hän tahtoi kehittää luokkatyöskentelyä enemmän yhteistyömäiseksi. Aronson tahtoi saada oppilaat käsittämään toisensa resursseina. Jos jokainen oppilas alkaisi nähdä toiset oppilaat resursseina, niin perinteistä yksilötason voittaja/häviöjä-mallia ei enää olisi.

Palapelimallin nimi tulee siitä, että se toimii kuin palapeli. Tässä palapeli on oppilaiden tietopalojen muodostama tietojen kokonaisuus. Palapeli on metafora tälle kokonaisuudelle. Palapelimallin pääidea on oppilaiden työskentely pienryhmissä jonkin opeteltavan asian osa-alueen kanssa. Pienryhmien tulisi olla 3-5 oppilaan kokoisia, jotta työskentely olisi mahdollisimman tuottavaa. Jokaisesta oppilaasta tulee jonkin osa-alueen ekspertti. Metodista on olemassa eri variaatioita, joista suurin osa noudattaa pääpiirteiltään tässä esiteltävää neljäosaista opettamistapaa (Aspholm, 2003).

3.2 Palapelimalliesimerkki kemiallisen sidoksen opettamisesta

I. Virittäytyminen

Opettaja jakaa oppilaat ryhmiin, joita kutsutaan kotiryhmiksi. Näiden kotiryhmien koko vaihtelee riippuen työskentelystä, mutta niissä ei saisi olla enempää kuin viisi oppilasta. Opettaja kertoo mitä tullaan tekemään. Opettaja tarkistaa, että kaikki oppilaat ovat samalla lähtötasolla ja herättelee keskustelua siitä, miksi aihe on tärkeä ja miten se liittyy jo aiemmin opittuun. Opettaja pyrkii motivoimaan oppilaat mahdollisimman hyvin.

Opettajan tulee kertoa oppilaille kuinka heitä arvioidaan. Arviointi voidaan toteuttaa tekemällä oppilaille yksilökokeet työskentelyn päätteeksi tai kotiryhmille voidaan tehdä ryhmäkokeet, joilla testataan koko ryhmän oppimista. On tärkeää, että ennen työskentelyä kerrataan työskentelyn säännöt ja oppilaiden vastuu. Jokaisella oppilaalla on vastuu niin omasta oppimisestaan kuin kotiryhmänkin oppimisesta. Jokaisen henkilökohtainen panos on korostetun tärkeä, sillä se vaikuttaa niin omaan kuin toistenkin oppimiseen.

Tässä on esimerkkinä esittely työskentelystä ja ryhmäjaosta liittyen kemiallisiin sidoksiin peruskoulun kahdeksannella tai yhdeksännellä luokalla. Oppilaat on nimetty kirjaimin ja numeroin:

Kotiryhmä A: A1, A2, A3, A4, A5

Kotiryhmä B: B1, B2, B3, B4, B5

Kotiryhmä C: C1, C2, C3, C4, C5

Kotiryhmien on tarkoitus oppia ymmärtämään kemiallisia sidoksia ja tehdä posterit aiheeseen liittyen. Jos oppilaat ovat tottuneet avoimeen työskentelyyn ja voivat itse ottaa vastuun aineistojen hausta, voivat he näin tehdä. Usein näin ei kuitenkaan ole ja opettajan olisi syytä tuoda mukanaan aineistoa ja materiaalia ryhmiä varten.

II. Työskentely eksperttiryhmissä

Kotiryhmät jakaantuvat ja muodostavat eksperttiryhmiä. Eksperttiryhmät opiskelevat tarkasti jonkin aihealueen osan. Esimerkkityöskentelyssä muodostetaan kolme eksperttiryhmää. Näiden oppilasjako ja aiheet ovat seuraavat:

Eksperttiryhmä 1: Ionisidos, ioniyhdisteet ja ionien kiteenmuodostus.

(A1, B1, C1, A2, B2)

Eksperttiryhmä 2: Kovalenttisisidokset, molekyyliyhdisteet ja polaarinen vesimolekyyli.

(C2, A3, B3, C3, A4)

Eksperttiryhmä 3: Metallisidos ja metallien ominaisuudet.

(B4, C4, A5, B5, C5)

Oppilaiden on tarkoitus tulla oman aihealueensa eksperteiksi. Tämän tulisi tapahtua yhteistyön ja keskustelun kautta omassa eksperttiryhmässä. Opettajan tulisi tukea ja kannustaa oppilaita. Opettajan tulisi olla erityisen tarkkaavaisena, jotta oppilaille ei syntyisi vaihtoehtoisia tai aivan vääriä käsityksiä. Eksperttiryhmien tulisi suunnitella kuinka aikovat esitellä aiheensa omissa kotiryhmissään.

3.3 Raportointi, keskustelu ja työskentely kotiryhmissä

Oppilaat palaavat kotiryhmiin. Ekspertit esittelevät oppimansa toisilleen. Tämä tapahtuu vertaisopetuksena. Työskentelyn lopuksi olisi tarkoitus, että jokainen oppilas olisi ymmärtänyt yläkäsitteen kemiallinen sitoutuminen mahdollisimman syvällisesti.

3.4 Arviointi ja integrointi

Tässä vaiheessa on tarkoitus tarkastella jokaisen oppilaan oppimista käsitellystä aiheesta. Tässä vaiheessa olisi tarkoitus keskustella työskentelyn aikana nousseet kysymykset selviksi. Työskentelyä olisi hyvä arvioida, mikä toimi, mitä tulisi parantaa. Esimerkkityöskentelyssä tehdään ryhmäposterit.

Lähteet

Aronson, E., Blaney, N., Stephan, C., Sikes, J., & Snapp, M. (1978). *The Jigsaw Classroom*. Beverly Hills, CA, Sage Publications.

Aspholm, S., Hirvonen, H., Lavonen, J., Penttilä, A., Saari, H., & Viiri, J. (2003). *Oktetten*. Helsingfors, Söderströms.

Boo, H. K. (1998). Students' Understandings of Chemical Bonds and the Energetics of Chemical Reactions. *Journal of Research in Science Teaching*, 35 (5), 569-581.

Doymus, K. (2008). Teaching chemical bonding through jigsaw cooperative learning. *Research in Science & Technological Education*, 26 (1), 47-57.

Christopher, H. (2007). Student Alternative Conceptions in Chemistry. *California Journal of Science Education*, 7 (2).

4. Jaksollisen järjestelmän opetus ja oppiminen

(*Riikka Ahvenniemi, Minna-Liisa Rantaniemi, Kirsi Ravanko & Eija Zitting*)

Jaksollisen järjestelmän opetusmallina on tavanomaisesti taulukkomalli, jonka pysty- ja vaakariveillä on omat merkityksensä. Tutkimusten mukaan visuaalisen jaksollisen järjestelmän on todettu olevan selvästi perinteistä tai paljon numerotietoa sisältävää järjestelmää parempi tuki oppimiselle. Erillisen oppilaskohtaisen jaksollisen järjestelmän käyttö opetuksessa tukee oppimista. Jaksollisen järjestelmän historiallisen kehittymisen esittäminen opetuksen yhteydessä auttaa ymmärtämään järjestelmän rajoitteita ja yhteyksiä sen hetkiseen kemian ja fysiikan tietämykseen. Lisäksi jaksollista järjestelmää tulisi esittää useiden opetusmallien kautta, jotta yksi tietty malli ei painuisi oppilaiden mieleen ainoana oikeana ja johtaisi esimerkiksi ulkoa opiskeluun. Jos oppilas pääsee itse osallistumaan opetusmallin kehittämiseen, opetusmallin teho kasvaa. Jaksollisen järjestelmän opetukseen kehitetyt pelit auttavat ymmärtämään taulukkomallisen järjestelmän rakennetta ja tietosisältöä. Pelit ovat oppilaille keino rakentaa itse mallia jaksollisesta järjestelmästä, mikä edesauttaa oppimista. Artikkelissa esitellään jaksollisen järjestelmän perusteiden tueksi kehitetty peli.

4.1. Jaksollisen järjestelmän oppimisen haasteet

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa yhdeksi kemian opetuksen tavoitteeksi on määritetty ”alkuaineiden ja yhdisteiden ominaisuuksien ja rakenteiden selittäminen atomimallin tai jaksollisen järjestelmän avulla” (POPS 2004). Yleensä kemian opetus alkaa jaksollisen järjestelmän tarkastelulla: etsitään pääjaottelut (metallit, epämetallit ja puolimetallit) ja muut luokittelut (pääryhmät, siirtymäalkuaineet, halogeenit, alkalimetallit, jne.). Vertaillaan eri ryhmien välisiä yhtäläisyyksiä ja eroja. Usein tämän jälkeen opetuksessa tarpeettomasti irtaudutaan jaksollisesta järjestelmästä kun opetetaan mm. erilaisia kemiallisia määritelmiä, nimeämistä, stoikiometriaa tai atomimallia. Myöhemmin palataan takaisin jaksolliseen järjestelmään tarkastelemaan jaksollisia taipumuksia, jotka ovat tulleet esiin tarkasteluissa (Schultz, 2005).

Kemian perusopetuksessa jaksollisen järjestelmän oppimisen haasteet liittyvät atomin rakenteeseen liittyviin käsitteisiin, jakson ja ryhmän käsitteiden merkityksiin sekä jaksollisen järjestelmän sisältämän tiedon tulkintaan. Atomin rakenteeseen liittyen käsitteet atomi, elektroni ja protoni menevät helposti sekaisin. Protonien ja järjestysluvun yhteyden oppilaat ymmärtävät paremmin kuin ytimen ja protonien yhteyden. Yleisin virhekasitys oppilailla liittyy protonien lukumäärään tai sijaintiin ytimessä sekä siihen, että järjestysluku ja massaluku sekoittuvat keskenään. (Tuomisto, 2005).

Uloimman kuoren yhteys pääryhmään, ionin muodostumisen ennustaminen ja jaksollisen sijainnin vaikutus itse alkuaineen atomin rakenteeseen ovat haastavimpia kohtia liittyen jaksollisen järjestelmän jaksojen ja ryhmien merkitykseen. Lisäksi on varsin yleistä, että käsitteet jakso ja ryhmä sekoittuvat keskenään. (Tuomisto, 2005).

Jaksollinen järjestelmä esitetään taulukkona, jonka pysty- ja vaakariveillä on merkityksensä. Tutkimusten mukaan visuaalisen jaksollisen järjestelmän, jossa

esimerkiksi atomien suhteelliset koot havainnollistetaan, on todettu olevan selvästi perinteistä tai paljon numerotietoa sisältävää järjestelmää parempi tuki oppimiselle. Erillisen oppilaskohtaisen jaksollisen järjestelmän käytön opetuksessa on todettu tukevan oppimista. (Lehman et al., 1984)

Tuomisto siteeraa pro gradu-työssään Ben-Zhvin ja Genutin työtä, jossa todetaan, että ”jaksollinen järjestelmä on syntynyt ja kehittynyt pitkän ajan kuluessa. Ensimmäiset jaksollisen järjestelmän mallit perustuivat makrotason havaintoihin alkuaineista, koska tutkimusvälineistö ei ollut kehittynyt riittävästi. Seuraavan vuosisadan aikana atomin rakenne selvitettiin ja jaksollinen järjestelmä siirtyi kuvaamaan alkuaineiden keskinäisiä mikrotason riippuvuuksia” (Tuomisto, 2005). Jaksollisen järjestelmän opetuksessa tulisi ottaa huomioon jaksollisen järjestelmän historia, millä voidaan tukea oppilaiden luonnontieteen luonteen hahmottamista (Brito et al., 2004).

4.2 Opetusmallit kemian opetuksessa

Pro gradussaan Tuomisto esittää opetusmallit Gilbertin ja työryhmän sekä Saaren julkaisuihin nojaten opetusta varten laadittuina malleina, joiden tarkoitus on auttaa ja tukea tieteellisen mallin oppimista. Opetusmallin tarkoitus on kuvata tieteellisten tutkimusten avulla tuotettuja tieteellisiä malleja, kuten jaksollista järjestelmää. Opetusmallin ei siis ole tarkoitus ”opettaa oppilaalle mallia sellaisenaan, vaan näyttää myös tieteen yleisiä menetelmiä”. Toisaalta opetusmalleilla on olennainen rooli myös opittavan käsitteen tai ilmiön havainnollistamisessa ja yksinkertaistamisessa – erityisesti, jos ilmiö on hyvin abstrakti. (Tuomisto 2005).

Tuomisto jatkaa Boulterin ja Gilbertin tutkimukseen viitaten, että useiden opetusmallien käytöllä sekä tuetaan oppilasta mallikäsitteen ymmärtämisessä että autetaan oppilasta erottamaan malli itse ilmiöstä. Näin oppilaan käsitys ilmiöstä monipuolistuu, mikä edistää oppilaan mentaalimallin kehittymistä kohti tieteellistä mallia. Oppilas pystyy lisäksi ”selittämään muille mentaalimalliaan sekä laajemmin että yksityiskohtaisemmin.” Tuomisto muistuttaa, että mallien käyttöä rajoittaa se, että ne pätevät vain tiettyssä tilanteessa, ne ovat usein yksinkertaistuksia kuvattavista ilmiöistä tai ovat kehitetty tiettyä tarkoitusta varten. (Tuomisto, 2005).

Tuomisto tuo esille Ben-Zhvin ja Genutin tutkimustuloksia, joiden mukaan ”kemian perusopetuksessa näytetään ja käytetään tyypillisesti vain yhtä jaksollisen järjestelmän mallia”. Tämän taustalla saattaa olla opettajan pelko oppilaiden ajattelun sekoittamisesta useilla malleilla. Opetuksen sitominen yhteen tiettyyn malliin johtaa kuitenkin helposti siihen, että ”oppilaat pitävät tätä mallia ainoana oikeana.” Tuomisto toteaaakin, että yhden mallin käytössä pitäytyminen kasvattaa riskiä järjestelmän ulkoa opetteluun ymmärtämisen kustannuksella. Tuomisto tuo lisäksi esille Saaren näkemyksen, jonka mukaan opetusmallin teho kasvaa, mitä enemmän oppilaat ovat mukana kehittämässä sitä. (Tuomisto, 2005).

4.3 Esimerkki pelin käytöstä jaksollisen järjestelmän opetuksen tukena

Jaksollisen järjestelmän opetuksen tavoitteena on saada oppilas ymmärtämään taulukkomallisen järjestelmän rakenne ja sisältö, alkuaineen paikan merkitys taulukossa. Tätä tarkoitusta palvelemaan on kehitetty mm. useita erilaisia pelejä. Tuomiston mukaan pelit edesauttavat oppimista, sillä pelatessaan oppilas rakentaa mielessään omaa malliaan jaksollisesta järjestelmästä siihen liittyvine käsitteineen. (Tuomisto, 2005)

Tässä työssä esitellään jaksollisen järjestelmän perusteiden tueksi kehitetty peli. Pelilautana toimii jaksollinen järjestelmä, jossa liikuttaessa vastataan kysymyksiin, jotka liittyvät jaksolliseen järjestelmään ja kaikkeen siihen, mitä jaksollisen järjestelmän avulla voidaan määrittää. Peli edellyttää oppilailta jaksollisen järjestelmän perusteiden tuntemista. Sen tavoitteena on tukea ja testata oppilaiden taitoa käyttää jaksollista järjestelmää työkaluna.

Peli soveltuu parhaiten pelattavaksi 2-4 oppilaan ryhmissä. Peli aloitetaan vedyn ruudusta, johon pelaajat asettavat pelinappulansa. Pelaajat heittävät vuorollaan noppaa ja etenevät pelialustalla alkuaineiden ruuduissa niiden järjestyslukujen osoittamassa järjestyksessä. Ruudussa voidaan kysyä alkuaineen nimi kemiallisen merkin perusteella. Mikäli oppilas tietää alkuaineen nimen, sen ruutu rastitaan pelialustalta, eikä kyseinen ruutu ole enää pelissä käytettävissä. Seuraavaksi oppilaalta kysytään pistekysymys. Pistekysymykset ovat sellaisia, joiden vastaukset selviävät jaksollista järjestelmää tarkastelemalla, esimerkiksi

Kuinka monta ryhmää on jaksollisessa järjestelmässä? (Vastaus: 18)

Luettele 5 epämetallia nimeltä. (Vastaukset: Hiili, Typpi, Fosfori, Happi, Rikki, Seleen, Fluori, Kloori, Bromi, Jodi, Helium, Neon, Argon, Krypton, Xenon, Radon)

Mainitse alkuaine, jonka ionivaraus on sama kuin kaliumionilla? (Vastaukset: Li, Na, Rb, Cs, Fr)

Miten atomin rakenne muuttuu siirryttäessä jaksosta kolme jaksoon viisi? (Vastaus: elektronikuorten määrä lisääntyy kahdella)

Mikäli oppilas tietää pistekysymykseen oikean vastauksen, hän saa pitää kysymyskortin. Tämän jälkeen vuoro siirtyy seuraavalle pelaajalle. Pelin voittaa se, jolla on sovitun peliajan päättyessä eniten kortteja tai vaihtoehtoisesti se, joka ensimmäisenä kerää tietyn määrän kortteja.

Tässä esiteltyä peliä voidaan käyttää kemian opetuksessa jaksollisen järjestelmän oppimisen tukena. Oppilaiden jaksollisen järjestelmän hallintaa voidaan edistää pelin pelaamisen lisäksi myös siten, että oppilaat laativat itse kysymyksiä peliin. Peli on muokattavissa eri kouluasteille soveltuvaksi sekä eriyttäväksi peliksi saman kouluasteen sisällä laatimalla pistekysymykset oppilaiden tason mukaisiksi.

Lähteet

Brito, A., Rodríguez, M. A., & Naiz, M. (2004). A reconstruction of development of the periodic table based on history and philosophy of science and its implications for general chemistry textbooks. *Journal of research in science teaching*, 42, 84-111.

Lehman, J. R., Koran J. J., & Koran, M. L. (1984). Interaction of Learner Characteristics with Learning from Three Models of the Periodic Table. *Journal of Research in Science Teaching*, 21, 885-893.

Opetushallitus, (2004). *Peruskoulun opetussuunnitelman perusteet 2004*. Helsinki, Opetushallitus.

Schultz, E. (2005). Fully Exploiting the Potential of the Periodic Table through Pattern Recognition. *Journal of Chemical Education*, 82, 1649-1657.

Tuomisto, M. (2005). Alkuaineiden jaksollinen järjestelmä oppimisen tukena kemian perusopetuksessa. Pro gradu -tutkielma, Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto.

5. Happojen ja emästen oppiminen ja opetus

(Satu Karihuhta, Sonja Meriläinen & Anna Tähtinen)

Hapot ja emäket ovat yksi keskeisistä sisällöistä kemian valtakunnallisessa peruskoulun opetussuunnitelman perusteissa. Näiden käsitteiden ymmärtäminen on tärkeää sekä kemian oppimisessa että arkipäivän elämässä. Tutkimusten mukaan oppilaat tietävät peruskoulussa happojen ja emästen yleisiä ominaisuuksia sekä joitakin happoja nimeltä. Useimmat oppilaiden ennakkokäsityksistä liittyvät heidän arkipäivän kokemuksiinsa. Ennakkokäsityksistä voi tulla myös happo-emäskemian oppimiselle haasteita. Tutkimusartikkelit ovat raportoineet esimerkiksi seuraavia ennakkokäsityksiä: (1) kaikissa neutralisointireaktioissa hapot ja emäket kuluttavat toisensa täysin, (2) kaikki hapot ja emäket ovat vahingollisia ja myrkyllisiä ja (3) vahvat hapot voivat reagoida kaikkien metallien kanssa muodostaen vetykaasua. On myös osoitettu, että oppilaat eivät ymmärrä atomien ja ionien eroa reaktioyhtälöissä ja erilaisten happo-emäsmallien käyttöä. Oppilaiden ennakkokäsitysten kartoittaminen opetuksessa on tärkeää, jotta niiden mahdollinen muokkaaminen kohti tieteellistä käsitystä on tavoitteellisempaa. Tässä artikkelissa ennakkokäsitysten muokkaamiseen käytetään kokeellisuutta ja sen tukena käsitekartatekniikkaa. Tutkimuksissa on osoitettu, että kokeellisuus ja käsitekartatekniikka yhdessä auttavat oppilaita ymmärtämään kokeellisuuden menetelmiä ja tuloksia paremmin sekä rakentamaan oppilaiden omia tietorakenteita happo-emäskemiasta. Käsitekartat auttavat myös opettajaa ymmärtämään oppilaiden ajatuksia.

5.1 Johdanto

Peruskoulun vuosiluokkien 7-9 valtakunnallisessa kemian opetussuunnitelman perusteissa (Opetushallitus, 2004) on yksi keskeisistä sisällöistä Ilma ja vesi, johon sisältyy vesi ja veden ominaisuuksia, kuten happamuus ja emäksisyys. Hapot ja emäket liittyvät läheisesti myös meidän arkipäivän elämän sisältöihin, kuten ruokaan, teollisuuteen, terveydenhoitoon, ympäristöön ja lääkkeisiin. Happo-emäskemia on lisäksi kemian osa-alue, joka on hyvin tärkeä monien kemian alueiden käsitteiden ymmärtämisessä sekä muissa tieteissä mm. biologiassa ja biokemiassa. Edellä olevien perusteluiden vuoksi

näiden käsitteiden ymmärtäminen on keskeistä sekä kemian oppimisessa että arkipäivän valinnoissa.

Tässä artikkelissa perehdytään tutkimusartikkelien kautta siihen, mitä oppilaat tietävät hapoista ja emäksistä, happo-emäskemian oppimisen haasteisiin sekä niiden muokkaamiseen kokeellisuuden ja käsitekarttatekniikan avulla. Kokeellisuuden tavoitteena on saada aikaan oppilaille käsitteellinen konflikti, jonka avulla oppilaat arvioivat uudelleen aikaisempia tietojansa. Käsitekartat kehittävät oppilaiden käsitteellistä ymmärtämistä kemiassa. Molemmat opetustekniikat ovat motivoivia ja innostavia sekä oppilaiden asenteet niitä kohtaan ovat positiivisia. (Özmen, Demircioğlu & Coll, 2009).

5.2 Oppilaiden käsityksiä hapoista ja emäksistä

Demircioğlun, Ayasin ja Demircioğlun (2005) tutkimusartikkelissa osoitettiin, että oppilaat tietävät nimeltä happoja, kuten suolahappo, rikkihappo ja etikkahappo. Sen sijaan emäksiä tunnetaan harvemmin nimeltä. Lisäksi oppilaat osaavat kuvailla happojen ja emästen yleisiä ominaisuuksia, kuten happamissa aineissa on hapen maku ja emäksiset aineet tuntuvat sormissa liukkailta, saippuomaisilta. Useimmat oppilaiden käsityksistä liittyvät heidän arkipäivän kokemuksiinsa. Tällaisia ovat esimerkiksi sitruunan ja appelsiinin mehu on hapanta ja palasaippua on liukas. (Drechsler & Van Driel, 2008).

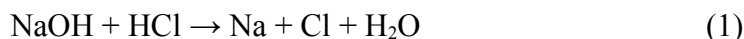
Oppilaiden ennakkokäsityksistä voi tulla haasteita happo-emäskemian oppimiselle. Tästä on tehty monia tutkimuksia (Drechsler & Van Driel, 2008; Furió-Más, Calatayud & Bárcenas, 2007; Özmen, Demircioğlu & Coll, 2009). Özmen, Demircioğlu ja Coll (2009, 14) ovat tutkineet oppilaiden ennakkokäsityksiä erityisen testin avulla. Taulukossa 1 on esitetty joitakin testin avulla havaittuja oppilaiden ennakkokäsityksiä hapoista ja emäksistä ennen ja jälkeen annetun opetuksen.

Taulukko 1. Oppilaiden ennakkokäsityksiä hapoista ja emäksistä ennen ja jälkeen opetuksen (Özmen, Demircioğlu & Coll, 2009, 14).

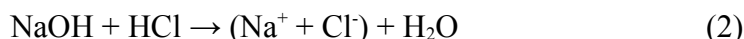
Oppilaan ennakkokäsityksiä	Kokeilu- ryhmä Esitesti (Pretest) (%)	Jälkitesti (Posttest) (%)	Perinteinen ryhmä Esitesti (Pretest) (%)	Jälkitesti (Posttest) (%)
1. Ainoa tapa testata näyte, onko se happo vai emäs, on katsoa, jos se ”syö” jotakin pois.	39	0	43	18
2. Hapot polttavat ja sulattavat kaiken.	52	6	46	21
3. Kaikki suolat ovat neutraaleja.	61	19	64	39
4. Suoloilla ei ole pH-arvoa.	32	0	39	25
5. Kaikki hapot ja emäkset ovat vahingollisia ja myrkyllisiä.	42	0	36	11
6. Vahvat hapot voivat reagoida kaikkien metallien kanssa muodostaen vetykaasua (H ₂).	48	16	50	32
7. pH-arvon nouseminen tarkoittaa happamuuden lisääntymistä.	32	6	29	7
8. pH on vain happamuuden mitta.	39	0	29	0
9. Elektrolyysi ja hydrolyysi ovat samoja.	42	0	50	14
10. Kaikissa neutralisointimisreaktioissa	48	0	54	36

happo ja emäs kuluttavat toisensa täysin.				
11. Neutralisoitumisreaktioiden jälkeen pH on liuoksessa aina 7.	45	10	54	21
12. Kaikki hapot ja emäkset johtavat sähköä samalla tavalla.	32	3	32	18

Drechslerin ja Van Drielin (2008) tutkimuksen mukaan oppilailla on vaikeuksia ymmärtää atomien ja ionien eroa reaktioyhtälöissä. Oppilaat voivat kirjoittaa suolahapon ja natriumhydroksidin välisen reaktioyhtälön seuraavasti:



He ovat tyytyväisiä onnistuttuaan muodostamaan reaktioyhtälön sekä tasapainottamaan sen atomit. Tämän jälkeen he eivät enää arvioi, onko reaktioyhtälö (1) mahdollinen. Käytännössä kiinteä natriummetalli reagoi kiivaasti veden kanssa, joten oppilaiden ratkaisu on mahdoton. Oppilaiden mielestä ero reaktioyhtälöön (2) on vain pieni plussa ja miinus.



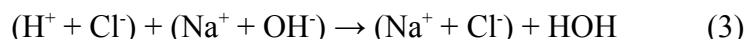
Tutkimuksessa havaittiin myös, että oppilaat käyttävät väärä ionivarauksia sekä unohtavat tarkistaa ionivarausten tasapainon reaktioyhtälöissä. Lisäksi oppilaat suosivat happo-emäsreaktion tuotteiksi useimmiten suolaa ja vettä. Samanlaisia tutkimustuloksia on raportoinut Furió-Más, Calatayud ja Bárcenas (2007).

Oppilaat kokevat eri happo-emäsmallien oppimisen vaikeana. He eivät osaa käyttää niitä oikeissa yhteyksissä, eivätkä tiedä niiden rajoituksia. Oppilaille tulisikin aluksi selittää, mitä mallit ovat. Mallit ovat linkkejä teorioiden ja kohteiden, esimerkiksi ilmiöiden ja prosessien, välillä. Ne ovat osa teorioita, joita tutkijat ovat kehittäneet selittääkseen havaittuja ilmiöitä. Kemiassa käytetyt mallit voivat olla sekä mentaalisia että konkreettisia välineitä, kuten pallo-tikku malleja, kaaviokuvia, diagrammeja tai matemaattisia kaavoja. Kullakin mallilla on vahvuutensa ja rajoitteensa. Ne painottavat aina tiettyä osaa ilmiöissä, kuten happo-emäskemiassa. (Drechsler & Schmidt, 2005; Drechsler & Van Driel, 2008).

Kemian opetuksessa koulussa voidaan tunnistaa kolme eri happo-emäsmallia. Ne ovat 1) ikivanha malli, 2) Arrheniuksen malli ja 3) Brønstedin malli. Mallit ovat kehittyneet makroskooppiselta tasolta mikroskooppiselle tasolle historian aikana. Ikivanha malli pohjautuu happojen ja emästen yleisiin ominaisuuksiin, kuten happojen happamaan makuun ja kykyyn neutralisoida emäksiset liuokset sekä emästen saippuamaiseen ominaisuuteen ja kykyyn reagoida happojen kanssa muodostaen suoloja. Ikivanha malli selittää hapot ja emäkset makroskooppisella tasolla. (Drechsler & Van Driel, 2008).

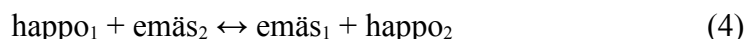
Arrheniuksen malli perustuu Arrheniuksen 1800-luvun lopulla kehittämään dissosiaatio teoriaan, josta hän sai myös Nobelin palkinnon vuonna 1903. Tässä mallissa happamuuden ominaisuudet liitetään positiivisesti varattuun vety-ioniin (H^+ -ioniin). Hapot määritellään aineina, jotka voivat tuottaa H^+ -ioneja vesiliuokseen. Emäkset määritellään aineina, jotka tuottavat vesiliuokseen OH^- -ioneja. Arrheniuksen mallissa

emäkset rajataan aineisiin, jotka sisältävät OH- ryhmiä ja liuottimena käytetään vain vettä. Reaktio suolahapon ja natriumhydroksidin välillä voidaan kirjoittaa reaktioyhtälöllä (3):



Reaktiossa hapon vety-ioni reagoi emäksen hydroksidi-ionin kanssa muodostaen vettä. Tästä ilmiöstä käytetään nimitystä neutralisoituminen. Arrheniuksen malli selittää happoja sekä makroskooppisella että mikroskooppisella tasolla. (Drechsler & Schmidt, 2005; Drechsler & Van Driel, 2008).

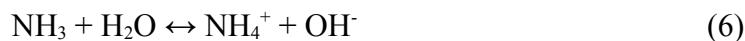
Brønstedin malli määrittelee hapot ja emäkset mikroskooppisella tasolla hiukkasina, molekyyleinä tai ioneina. Hapot määritellään hiukkasina, jotka luovuttavat protoneita ja emäkset hiukkasina, jotka ottavat vastaan protoneita. Happo-emäsreaktiot ovat siis protoninsiirtoreaktioita hiukkasten välillä. Reaktioyhtälössä on happoja ja emäksiä reaktioyhtälön molemmiin puoliin. Näitä kutsutaan konjugoituneiksi happo-emäspareiksi. Brønstedin malli ei myöskään rajoitu veteen liuottimena. Verrattuna Arrheniuksen malliin Brønstedin mallia voidaan käyttää enemmän yleisenä happo-emäs määritelmänä sekä selittämään emästen ominaisuuksia tarkemmin. Brønstedin mallin mukaan protoninsiirto voidaan kirjoittaa yleisinä termeinä reaktioyhtälön (4) tai (5) mukaisesti.



tai



Esimerkiksi ammoniakkin reaktio veden kanssa voidaan selittää reaktioyhtälöllä (6) käyttämällä Brønstedin mallia.



Reaktioyhtälö (6) kuvaa, miten tasapainoreaktiossa ammoniakkimolekyylit hyväksyvät protonit vesimolekyyleiltä muodostaen hydroksidi-ioneja. Oppilaiden on vaikea hyväksyä, että vesi voi toimia sekä happona että emäksenä. (Drechsler & Schmidt, 2005; Drechsler & Van Driel, 2008).

Drechslerin ja Van Drielin (2008) tekemässä tutkimuksessa Ruotsissa havaittiin, että yksikään oppikirjoista ei selittänyt hapoista ja emäksistä seuraavia seikkoja: 1) ei mainittu mallien käytöstä, 2) mitä mallia on käytetty kussakin tilanteessa, 3) miksi erilaisia malleja käytetään rinnakkain ja 4) kunkin mallin vahvuuksia ja rajoituksia ei mainittu. Drechsler ja Schmidt (2005) osoittivat, että oppikirjat käyttävät happo-emäsmalleja implisiittisesti sekä niitä käytetään harkitsemattomasti rakentaen usein ns. hybridimalleja. Koska opettajat käyttävät oppikirjoja tiedon lähteenä, tämä hämmennys eri happo-emäsmalleista saattaa levitä oppikirjojen lisäksi myös opettamisen kautta oppilaille.

5.3 Opetusmenetelmiä oppilaiden ennakkokäsitysten muokkaamiseen

Kun on kartoitettu oppilaiden ennakkokäsitykset keskustelujen, monivalintatehtävien tai käsitekarttojen avulla, niitä voidaan muokata esimerkiksi käyttämällä kokeellisuutta ja sen tukena käsitekarttatekniikkaa. Niissä yhdistyvät oppilas-keskeiset pedagogiat sekä mielekkään oppimisen teoria. Özmen, Demircioğlu ja Coll (2009) ovat tutkimuksessaan osoittaneet, että oppilaat kokevat kokeellisuuden motivoivana ja aktiivisena omin käsin tekemisenä, mikä vaikuttaa oppimiseen positiivisesti. Käsitekarttatekniikka on graafinen, tiedon esittämisen tekniikka. Käsitekartta idea kehittyi 1970 -luvun alkupuolella Cornellin yliopistossa Novakin ja Gowinin (1998) tutkimuksessa lasten oppimisesta. Käsitekarttojen kehittäjänä pidetäänkin Joseph D. Novakia. Käsitekartat perustuvat Ausubelin mielekkään oppimisen teoriaan 1960-luvulta. Käsitekartat rakennetaan kirjoittamalla käsitteitä ja linkittämällä niitä nimiöidyillä viivoilla. Ne painottavat tärkeiden käsitteiden välisiä suhteita. Käsitekarttojen vahvuus onkin siinä, että ne kuvaavat jokaisen henkilön omaa tietorakennetta tietystä aiheesta (Novak & Gowin, 1998; Novak, 2002).

Kemiassa käsitekarttojen käyttöä on tutkittu paljon. Useiden tutkimusten mukaan käsitekarttoista on hyötyä kemian opetuksessa sekä luokkahuoneessa että laboratoriossa (Stensvold & Wilson, 1992; Markow & Lonning, 1998; Özmen, Demircioğlu & Coll, 2009). Käsitekartat auttavat ymmärtämään kemian käsitteitä sekä käsitteiden välisiä yhteyksiä. Käsitekarttoja voidaan käyttää myös väärinkäsitysten esilletuojana. Käsitekarttojen avulla oppilaat kykenevät rakentamaan paremmin omia tietorakenteitansa laajempina kokonaisuutena pohjautuen tieteelliseen tietoon. (Novak, 2002).

Özmenin, Demircioğlun ja Collin (2009) tutkimus oli vertaileva tutkimus, jossa oli kaksi ryhmää, perinteisen opetuksen ryhmä ja kokeellinen ryhmä. Perinteisen opetuksen ryhmän opetus pohjautui opettajan luentoihin ja oppikirjan esimerkkeihin ja kuvauksiin. Opettaja ei yrittänyt tunnistaa oppilaiden ennakkokäsityksiä, joten ne jätettiin huomioimatta opetuksessa. Pääosa oppitunnista oli opettaja-johtoista ja keskustelu oppilaiden kanssa käytiin lähinnä opettajan esille ottamien kysymysten pohjalta. Noin 15-25 % oppitunnista tehtiin oppikirjan tehtäviä tai käytännön kokeellisuutta. Kokeiluryhmässä tutkittiin oppilaiden ennakkokäsityksiä ja niiden sekä tutkimuskirjallisuuden avulla pyrittiin kehittämään kokeellisuutta niin, että se saisi aikaan oppilailla käsitteellisen konfliktin aikaisemman tiedon kanssa, jotta oppilaiden käsitykset muokkautuisivat kohti tieteellisiä käsityksiä. Kokeellisuuden jälkeen oppilaat keskustelivat kokeellisuuden tuloksista, mikä johti oppilaat arvioimaan uudelleen aikaisempia tietojansa. Tämän jälkeen oppilaat muodostivat omista tietorakenteistaan käsitekarttoja, jotka auttoivat heitä syvällisemmin ymmärtämään happo-emäskemiaa sisältäen sekä teoreettisen tiedon että kokeellisuuden.

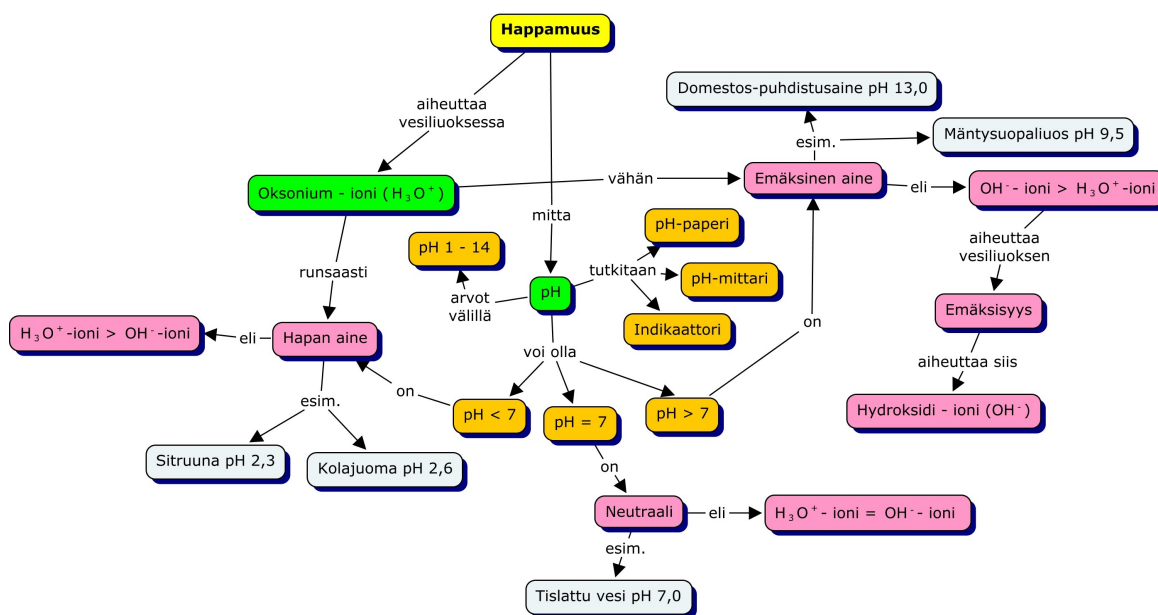
Kokeellisuus auttoi kokeiluryhmän oppilaita muuttamaan ennakkokäsityksiään (kts. taulukko 1) paremmin kuin perinteisen opetuksen oppilaita. Kokeiluryhmässä oppilaiden kuusi ennakkokäsitystä muuttui jälkitestissä tieteellisesti hyväksytyiksi käsityksiksi. Perinteisen opetuksen ryhmässä vain yksi oppilaiden ennakkokäsityksistä muuttui tieteellisesti hyväksytyksi. Esimerkiksi ennakkokäsitykseen: kaikki hapot ja emäkset johtavat sähköä samalla tavalla liitettiin kokeellisuus, jossa oppilaat kokeilivat eri happojen ja emästen sähkönjohtavuuksia eri konsentraation omaavilla happo- ja emäsluoksilla sekä heikoilla että vahvoilla hapoilla ja emäksillä. Vastaavasti ennakkokäsitykseen: vahvat hapot voivat reagoida kaikkien metallien kanssa muodostaen vetykaasua liitettiin kokeellisuus, jossa oppilaat havainnoivat kahden eri metallin, kuten

magnesiumin ja kuparin reaktiota suolahapon kanssa. (Özmen, Demircioğlu & Coll, 2009). Taulukossa 2 on esitetty tutkimusartikkeleista koottuja vinkkejä happojen ja emästen opetukseen liitettynä oppilaiden ennakkokäsityksiin (Demircioğlu, Alipasa & Demircioğlu, 2005; Özmen, Demircioğlu & Coll, 2009).

Taulukko 2. Vinkkejä happojen ja emästen opetukseen liitettynä oppilaiden ennakkokäsityksiin (Demircioğlu, Alipasa & Demircioğlu, 2005; Özmen, Demircioğlu & Coll, 2009).

Oppilaiden ennakkokäsitys	Vinkkejä happojen ja emästen opetukseen
1. Kaikki hapot ja emäkset ovat vahingollisia ja myrkyllisiä.	Kokeillaan esimerkiksi coca-colan, sitruunan, appelsiinin, ruokasoodan tai leivinjauheen pH. Todetaan, että coca-cola, sitruuna ja appelsiini ovat happamia ja ruokasooda ja leivinjauhe ovat emäksisiä. Mitkään edellisistä aineista eivät ole kuitenkaan vahingollisia tai myrkyllisiä.
2. Vahvat hapot voivat reagoida kaikkien metallien kanssa muodostaen vetykaasua.	Kokeillaan suolahapon kanssa kahta eri metallia esimerkiksi magnesiumia ja kuparia ja todetaan, että magnesium reagoi suolahapon kanssa ja kupari ei reagoi suolahapon kanssa. Kaikki metallit eivät siis reagoi vahvojen happojen kanssa muodostaen vetykaasua. On hyvä painottaa sanojen ”vahva” ja ”väkevä” sekä ”heikko” ja ”laimea” eroja käsiteltäessä happoja ja emäksiä verrattuna edellä olevien sanojen käyttöön arkikielessä.
3. Kaikissa neutralisointireaktioissa happo ja emäs kuluttavat toisensa täysin. 4. Neutralisointireaktioiden jälkeen pH liuoksessa on aina 7.	Tehdään kaksi koetta, joissa toisessa kokeessa on pitoisuudeltaan samanlaiset NaOH ja HCl (esim. 1 M) ja toisessa kokeessa pitoisuudeltaan samanlaiset NaOH ja CH ₃ COOH (esim. 1 M). Kaikkia aineita otetaan sama määrä mahdollisimman tarkkaan ja mitataan pH-paperilla jokaisen aineen pH. Sitten yhdistetään NaOH ja HCl sekä NaOH ja CH ₃ COOH sekoittaen ja mitataan yhdistettyjen liuosten pH:t. Huomataan, että NaOH ja HCl pH on lähellä 7, mutta NaOH ja CH ₃ COOH ei ole. Tämä johtuu happojen eroista, HCl on vahva happo, joka liukenee veteen täysin muodostaen H ₃ O ⁺ -ja Cl ⁻ -ioneja, kun taas CH ₃ COOH on heikko happo, joka ei liukene täysin veteen. On myös hyvä painottaa oppilaille, että sanalla ”neutraali” on eri merkitys kemiassa kuin arkikielessä.
5. Kaikki hapot ja emäkset johtavat sähköä samalla tavalla.	Kokeillaan eri happoja ja emäksiä ja todetaan, että ne johtavat sähköä eri tavalla.
6. Hapot polttavat ja sulattavat kaiken.	Huomataan, että kupari ja suolahappo eivät reagoi keskenään. Myöskään ei sitruunan sitruunahappo, omenan omenahappo tai kotitaloudessa käytettävän etikan etikkahappo polta tai sulata.
7. Kaikki suolat ovat neutraaleja. 8. Suoloilla ei ole pH-arvoa.	Kokeillaan vahvan hapon ja heikon emäksen (HCl ja NH ₃) suolan pH-arvo tai heikon hapon ja vahvan emäksen (CH ₃ COOH ja NaOH) suolan pH-arvo. Huomataan, että suoloilla on pH-arvo, joka ei aina ole neutraali.
9. Kun pH-arvo lisääntyy, happamuus lisääntyy. 10. pH on vain happamuuden mitta.	Oppilaille pitää korostaa, että pH ilmaisee aineen happamuuden, joka voi olla hapan (pH < 7), neutraali (pH = 7) tai emäksinen (pH > 7).

Aineiden happamuuden tutkimisen jälkeen oppilaan tekemä käsitekartta käsitteestä happamuus voisi olla seuraavan kuvan 1 mukainen.



Kuva 1. Käsitekartta happamuus- käsitteestä.

5.4 Yhteenveto

Özmenin, Demircioğlun ja Collin (2009) tutkimuksessa käytettiin käsitekarttoja kokeellisuuden tukena, jotta oppilaat ymmärtäisivät paremmin happo-emäskemiaa. Yhdessä kokeellisuuden kanssa käsitekartat auttoivat oppilaita kokeellisuuden menetelmien ja tulosten ymmärtämisessä, ja kokeellisuuden ja siihen liittyvän teorian yhdistämisessä. He kykenivät myös rakentamaan paremmin omia tietorakenteita ja korjaamaan omia ennakkokäsityksiään happo-emäskemiasta. Käsitekartat antoivat myös opettajalle mahdollisuuden tunnistaa ja ymmärtää oppilaiden omia tietorakenteita eli ymmärtää oppilaiden ajattelemista happo-emäskemiasta. Yhteenvetona voidaan sanoa, että kokeellisuus ja käsitekartat yhdessä antavat oppilaille mahdollisuuden oppia syvällisemmin happo-emäskemiaa. Sen lisäksi opettajien ja oppikirjojen tekijöiden olisi hyvä perehtyä tarkemmin eri happo-emäsmalleihin, jotta oppilaiden vaikeudet näiden mallien ymmärtämisessä helpottuisi ja sitä kautta oppilaiden syvällisempi ymmärrys kasvaisi hapoista ja emäksistä.

Lähteet

Demircioğlu, G., Alipasa, A., & Demircioğlu, H. (2005). Conceptual change achieved through a new teaching program on acids and bases. *Chemistry Education Research and Practice*, 6 (1), 36-51.

- Drechsler, M., & Schmidt, H.-J. (2005). Textbooks' and teachers' understanding of acid-base models used in chemistry teaching. *Chemistry Education Research and Practice*, 6 (1), 19-35.
- Drechsler, M., & Van Driel, J. (2008). Experienced teachers' pedagogical content knowledge of teaching acid-base chemistry. *Research in Science Education*, 38, 611-631.
- Furió-Más, C., Calatayud, M.-L., & Bárcenas, S. L. (2007). Surveying students' conceptual and procedural knowledge of acid-base behavior of substances. *Journal of Chemical Education*, 84 (10), 1717-1724.
- Markow, P. G., & Lonning, R. A. (1998). Usefulness of concept maps in college chemistry laboratories: students' perceptions and effects on achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 35 (9), 1015-1029.
- Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1998). *Opi oppimaan (Learning how to learn)*. Tampere, Tammer-Paino Oy.
- Novak, J. D. (2002). *Tiedon oppiminen, luominen ja käyttö: Käsitekartat työvälineinä oppilaitoksissa ja yrityksissä*. Keuruu, Otavan Kirjapaino Oy.
- Opetushallitus. (2004). *Peruskoulun opetussuunnitelman perusteet 2004*. Helsinki, Opetushallitus.
- Stensvold, M., & Wilson, J. T. (1992). Using concept maps as a tool to apply chemistry concepts to laboratory activities. *Journal of Chemical Education*, 69 (3), 230-232.
- Özmen, H., Demircioğlu, G., & Coll, R. K. (2009). A comparative study of the effects of a concept mapping enhanced laboratory experience on Turkish high school students' understanding of acid-base chemistry. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 7, 1-24.

6. Elektrolyysin opetus ja oppiminen

(Jaana Herranen, Tiina Soramies & Kaarina Vakkala)

Sekä oppilailla että opettajaopiskelijoilla on havaittu olevan monia vaihtoehtoisia käsityksiä sähkökemian perusteista. Oppilailla on ollut vaikeuksia ymmärtää hapetus-pelkistysreaktioiden sähkökemiallinen perusta ja elektrolyysin toimintaperiaate mikroskooppisella tasolla. Vaihtoehtoisia käsityksiä on esiintynyt sähkövirran roolista kemiallisessa reaktiossa, ionien liikkeistä, elektrolyytin ja suolasilan merkityksestä sekä elektrodien oletetuista nettosähkövarauksista. Sekä oppilailla että opettajaopiskelijoilla on havaittu vaikeuksia liittyen anodin ja katodin merkitsemiseen positiiviseksi tai negatiiviseksi navaksi. Myös sähkökemian käsittelyä oppikirjoissa on tutkittu. Lukion oppikirjoja koskevan analyysin mukaan sähkökemian kokeellinen osuus ei sisällä tarpeeksi ongelmanratkaisua, vaan on painottunut teorioihin ja käsitteisiin. Tutkituista töistä vain murto-osa on sähkökemian töitä, ja enemmistö niistä on demonstraatioita. Oppikirjojen kokeellisten töiden vähyyttä ja puutteellisuutta ajatellen on artikkeliin koottu oppilastöihin ja demonstraatioihin liittyviä työohjeita toteutettavaksi kouluissa. Elektrolyysiä käsitteleviksi mallityöohjeiksi on valittu "Sinkkikloridin elektrolyysi" sekä "Veden elektrolyysi". Ennen niiden varsinaista suoritusta on edellytetty oppilaiden tutustuneen opettajan ohjauksessa galvaanisen parin ja elektrolyysikennon toimintaan sekä mielellään tehneen käsitekarttaa niiden yhtäläisyyksistä ja eroista. Jokaisen työn suorituksen jälkeen oppilaat täydentävät aloitetun käsitekartan. He voivat myös tehdä elektrolyysiin liittyviä pohdintatehtäviä sekä etsiä tietoa sen käytännön sovelluksista.

6.1 Elektrolyysi sähkökemian opetuksessa

Sähkökemian rooli opetussuunnitelmissa, oppikirjoissa ja arkipäivän elämässä sekä sähkökemian opetuksen ongelmat antavat aiheen sähkökemian opetuksen tutkimiselle. Sähkökemian käsitellään perusopetuksen kurssilla Raaka-aineet ja tuotteet (POPS 2004), jolloin käsiteltävinä aiheina ovat sähkökemialliset ilmiöt, sähköpari, elektrolyysi ja niiden sovellukset. Lukiossa sähkökemian kuuluu kurssiin Metallit ja materiaalit (LOPS 2003), jolloin käsitellään esimerkiksi sähkökemiallista jännitesarjaa, normaalipotentialia, kemiallisia pareja ja elektrolyysia.

Oppilaiden vaihtoehtoisia käsityksiä ovat tutkineet esimerkiksi Hans-Jürgen Schmidt ja Annette Marohn Dortmundin yliopistosta sekä Allan G. Harrison Central Queenslandin yliopistosta. Artikkelissa ”Factors That Prevent Learning in Electrochemistry”, vuodelta 2007, he käsittelevät saksalaisten 16–19-vuotiaiden lukiolaisten sähkökemiallisia ilmiöitä ja käsitteitä koskevista vaihtoehtoisista käsityksistä ja niiden yleisyydestä saamiaan tutkimustuloksia. He esittelevät artikkelissaan myös kehittämäänsä sähkökemian liittyviä monivalintatehtäviä, joiden avulla tutkimus toteutettiin lukiolaisille. Schmidt et al. (2007) mukaan oppilailla esiintyy vaihtoehtoisia käsityksiä liittyen sähkövirran rooliin kemiallisessa reaktiossa, ionien liikkeisiin, elektrolyytin ja suolasillan merkitykseen sekä elektrodien oletettuihin nettosähkövarauksiin.

Analysoimalla monivalintatehtävien vastausvaihtojen suhteellisia frekvenssejä opiskelijoiden vastauksista Schmidt et al. havaitsivat neljänlaisia yleisiä vaihtoehtoisia käsityksiä, jotka eivät ole relevantteja nykyisen sähkökemian koskevan tiedon kanssa: a) Elektrolyysissä sähkövirta tuottaa ioneja. b) Elektronit virtaavat elektrolyyttiliuoksessa elektrodilta toiselle, johon esitettiin useita perusteluja: positiivinen napa vetää elektroneja puoleensa, kun taas negatiivinen napa hylkii niitä; ionit vastaanottavat elektroneja toisella elektrodilla ja kuljettavat niitä liuoksen läpi; elektronit siirtyvät ionilta toiselle. c) Katodi on aina negatiivinen napa ja anodi positiivinen napa. Katodin ja anodin voi tunnistaa ionien kulkusuunnasta tai elektronien siirtymisestä elektrodeilla. d) Positiivisella ja negatiivisella navalla on nettosähkövaraus, mikä selittyy elektronien siirtymisellä elektrodien ja elektrolyytin tai johtimen välillä. Tutkijat pyrkivät myös ymmärtämään opiskelijoiden vaihtoehtoisten käsitysten syitä muun muassa historiallisesta näkökulmasta. Schmidt et al. viittaavat siihen, että esimerkiksi Arrheniuksen esittäessä teoriansa ioneista, käytiin tutkijoiden keskuudessa kiivasta väittelyä siitä, oliko elektroneja liuoksessa jo alusta lähtien. Kun Faraday otti käyttöön käsitteen ”elektrolyysi”, hän piti sitä prosessina, jossa sähkövirtaa käytetään hajottamaan aineita (vrt. hydrolyysi, termolyysi jne.). Käsite ei kuitenkaan Schmidt et al. mukaan ole nykyään hiukkastasolla yksikäsitteinen, sillä käsitteestä elektrolyysi voi saada vaihtoehtoisen käsityksen, jonka mukaan sähkövirta sinänsä pystyisi tuottamaan ioneja.

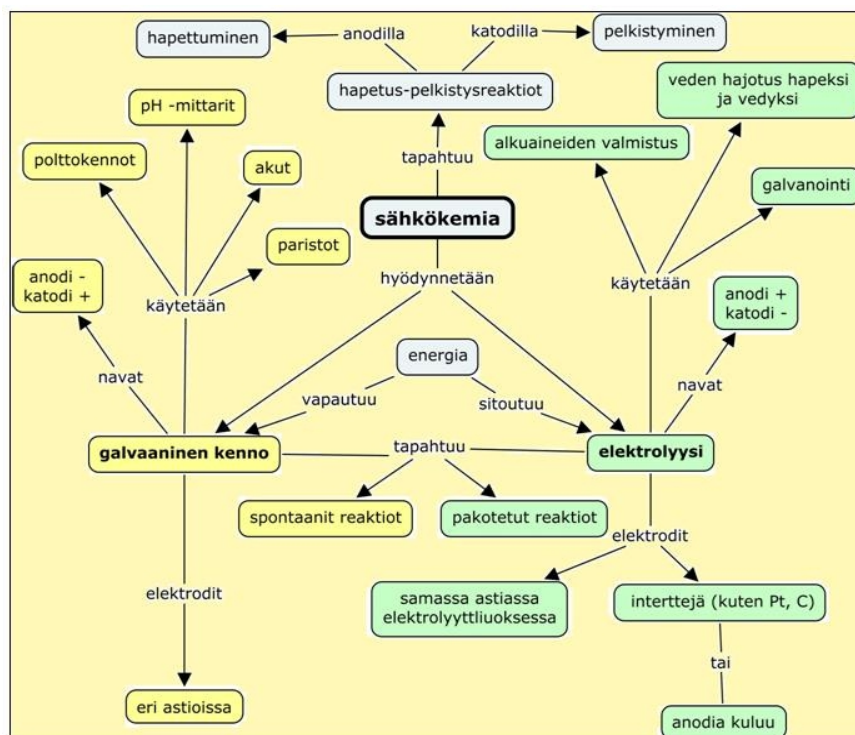
Oppilaiden vaihtoehtoisia käsityksiä ovat tutkineet myös Penelope Ann Huddle ja Margaret Dawn White vuonna 2000. Artikkelissa ”Using a Teaching Model to Correct Known Misconceptions in Electrochemistry” kuvataan oppilaiden vaihtoehtoisia sähkökemian käsityksiä ja esitetään opetusmalli käsitysten oikaisemiseksi. Tutkimus sisälsi pilottitutkimuksen, johon osallistui 28 lukion viimeistä luokkaa käyvää fyysikaalisia tieteitä opiskelevaa tyttöä. Pilottitutkimuksen perusteella kävi ilmi, että kehitetty sähkökemian opetustapa lisäsi oppilaiden sähkökemian ymmärtämystä.

Yliopisto-opiskelijoita koskeva tutkimus tehtiin kolmelle kemian yliopistoryhmälle, joissa oli yhteensä 187 eritasoista opiskelijaa. Tutkimuksen perusteella opiskelijoilla on vaikeuksia ymmärtää reaktioiden sähkökemiallisia perusteita. Suurin osa esimerkiksi ajatteli, että ionien tehtävä on kuljettaa elektroneja liuoksessa. Lisäksi mikroskooppisen tason ymmärtämisessä, varsinkin elektrolyyttien toiminnassa, esiintyi hankaluuksia. Mitkä ionit liikkuvat ja mihin suuntaan, on tutkimuksen mukaan epäselvää. Lisäksi suolasillan tarkoitusta ja toimintaa eivät kaikki osanneet selittää.

Opettajaopiskelijoiden vaihtoehtoisia käsityksiä ovat tutkineet esimerkiksi Maija Ahtee, Tuula Asunta ja Helena Palm Jyväskylän yliopistosta. Tutkimuksessaan he selvittivät, mitä ongelmia opettajaopiskelijoilla oli perinteisen elektrolyysi-ilmiötä havainnollistavan avaindemonstraation opettamisessa. Asunta et al. havaitsivat opettajaopiskelijoilla vaikeuksia tunnistaa anodi ja katodi positiiviseksi tai vaihtoehtoisesti negatiiviseksi navaksi. Opettajaopiskelijoilla oli Asunnan et al. mukaan lisäksi vaikeuksia muodostaa kokonaiskuva elektrolyysistä. Tutkimuksessa havaittiin, että vain kahdella kahdeksasta tutkimukseen osallistuneesta opiskelijasta oli selvä käsitys siitä, että elektrolyysissä elektronivirta ajaa reaktion pakotettuun suuntaan.

Myös sähkökemian käsittelyä oppikirjoissa on tutkittu. Esimerkiksi Tiina Hilska tarkastelee pro gradu -tutkielmassaan, ”Sähkökemian opiskelu kokeellisuuden avulla lukiossa”, vuodelta 2003, sähkökemian opetusta lukiossa tekemänsä oppikirja-analyysin pohjalta. Työhön kuuluu myös kokeellisuuden kehittämisosio, joka perustuu oppikirja-analyysin tuloksiin ja teoreettiseen viitekehykseen. Hilskan (2003) tekemän lukion oppikirjoja koskevan analyysin mukaan sähkökemian kokeellinen osuus ei sisällä riittävästi ongelmanratkaisua ja tutkimuksellisuutta, vaan on painottunut teorioiden ja käsitteiden selittämiseen. Tutkittujen töiden joukossa on hänen mukaansa vähän sähkökemian töitä, ja suurin osa niistä on demonstraatioita. Oppikirjojen kokeellisten töiden vähyyttä ja puutteellisuutta (Hilska, 2003) ajatellen onkin päätetty koota oppilastöihin ja demonstraatioihin liittyviä työohjeita toteutettavaksi kouluissa.

Elektrolyysillä saadaan aikaan pakotettu sähkökemiallinen hapetus–pelkistysreaktio. Alla käsitekartta (kuva 1), joka havainnollistaa galvaanisen kennon (sähköpari) ja elektrolyysikennon yhtäläisyyksiä ja eroja.



Kuva 1. Galvaanisen kennon ja elektrolyysikennon yhtäläisyydet ja erot

6.2 Kokeellisia työohjeita opetukseen

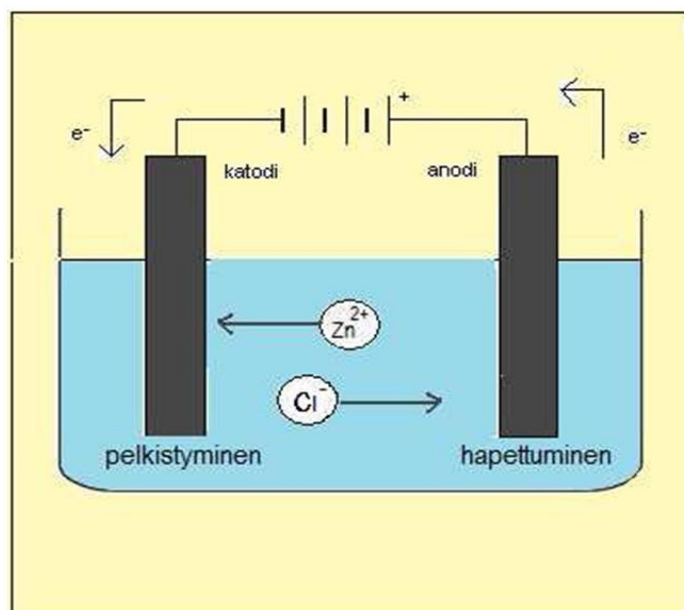
Elektrolyysiä käsitteleviksi mallityöohjeiksi on valittu ”Sinkkikloridin elektrolyysi” sekä ”Veden elektrolyysi”. Ennen niiden varsinaista suoritusta on edellytetty oppilaiden tutustuneen opettajan ohjauksessa galvaanisen parin ja elektrolyysikennon toimintaan sekä mielellään tehneen käsittekarttaa niiden yhtäläisyyksistä ja eroista. Jokaisen työn lopuksi oppilaat täydentävät aloitetun käsittekartan. He voivat myös tehdä elektrolyysiin liittyviä pohdintatehtäviä sekä etsiä tietoa sen käytännön sovelluksista.

6.2.1 Sinkkikloridin elektrolyysi

Työohje: Keitinlasiin laitetaan laimeaa sinkkikloridiliuosta (ZnCl_2). Liuokseen asetetaan kaksi grafiittielektrodia, jotka on kytketty virtalähteen napoihin. Tasavirtalähteen jännite pitää olla 2-3 voltia. Odotellaan muutama minuutti. Haistellaan varovasti seosta, josta pitäisi erottua kloorin pistävää hajua. Miinusnapaan kytketyn elektrodin pinnalle kertyy harmaa kerros, joka on sinkkiä.

Pohdintaa:

Elektrolyysissä on sähkövirran avulla tapahtunut hapettumis-pelkistymis-reaktio. Sinkkikloridin liuoksessa on sinkki-ioneja (Zn^{2+}) ja kloridi-ioneja (Cl^-). Sähkövirran vaikutuksesta kloridi-ionit hapettuvat anodilla klooriatomeiksi ja sinkki-ionit pelkistyvät sinkkiatomeiksi katodilla (kuva 2). Kloridi-ionit luovuttavat elektroneja sinkki-ioneille.



Kuva 2. Sinkkikloridin elektrolyysi

Eräs oppilaita kiinnostava elektrolyysin harjoitus on jonkin esineen, esimerkiksi teräsavaimen, kuparointi. Tämä tapahtuu kuten sinkkikloridin elektrolyysi, mutta elektrolyytinä käytetään kuparisulfaattia ja kytketään päällystettävä esine katodiksi ja kuparilevy anodiksi.

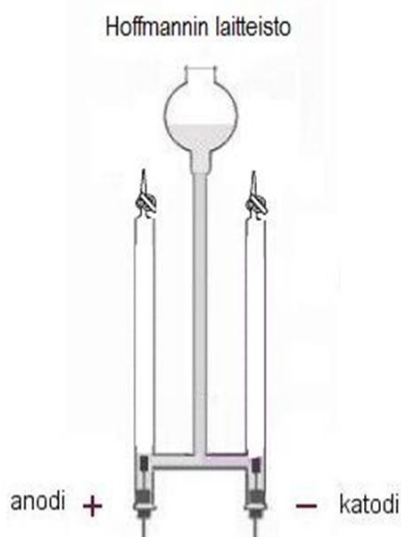
6.2.2 Veden elektrolyysi

Veden elektrolyysissä hajotetaan vesi hapeksi ja vedeksi sähkövirran avulla.

Työohjeet: Hoffmannin laitteeseen (katso kuva 3) pannaan vettä, jossa on muutama pisara fenoliftaleiinia ja hieman laimeaa rikkihappoa (elektrolyytiksi). Hanat suljetaan, kun putkista on poistettu ilma. Laite tuetaan hyvin statiiviin ja elektrodit yhdistetään jännitelähteeseen (9V paristo).

Hoffmannin laitetta vastaavan laitteiston voi rakentaa neljästä pipetistä leikkaamalla ja liimaamalla. Pipettien päät voi sulkea sinitarralla tai hauenleuoilla, jotta muodostuvat kaasut eivät karkaa.

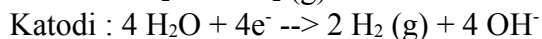
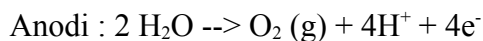
Anodilla muodostuu kaasua hitaammin kuin katodilla. Muodostuva kaasu on happea. Katodin liuoksen väri muuttuu punaiseksi ja sillä muodostuu vetykaasua. Fenoliftaleiini on punaista emäksisessä liuoksessa, joten liuos sisältää OH⁻-ioneja. Veden sisältämä vety pelkistyy ja happi hapettuu.



Kuva 3. Hoffmannin laite

Pohdintaa: Hapen sekä vedyn toteaminen voidaan tehdä hehkuvan tulitikun avulla. Hapen puolella tulitikku leimahtaa liekkiin ja vedyn puolella tapahtuu poksahdus. Molempia hanoja ei saa kuitenkaan samaan aikaan aukaista, koska tällöin on räjähdysvaara. Siksi on viisainta, että opettaja tekee tämän työn demonstraationa oppilaiden katsellessa sivusta. Pipeteistä tehdyn version toteutuksen oppilaat voivat kuitenkin tehdä itse. Tällöin tulee niin pienet kaasumäärät pipetteihin, että työ on turvallisempi.

Puolireaktiot ovat seuraavat:



Lähteet

Ahtee, M., Asunta, T., & Palm H. (2002). Student teachers' problems in teaching 'electrolysis' as key demonstration. *Chemistry Education: Research and Practise in Europe*, 3 (3), 317-326.

Aroluoma I., Häkkinen, P., & Mannila, B. (2000). Kemia tänään -tapahtuma Jyväskylässä. *Dimensio*, 6, 54-57.

Arvonen, A., Hella, A., Kalkku, I., Kojo, H., Makkonen, J., & Mustonen, L. (1983). *Fysiikan ja kemian työkirja* 8.

Haavisto, A. Nikkola, J., & Viljanmaa, L. (1996). *Kemia 3, Alkuaineiden kemia, Tutkimus ja teknologia*. Helsinki, Kirjayhtymä Oy.

Hilksa, T. (2003). Sähkökemian opiskelu kokeellisuuden avulla lukiossa. Pro gradu -tutkielma, Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto. http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/liitteet/progradu_thilksa.pdf, luettu 6.4.2009.

Huddle, P. A., & White, M. D. (2000). Using a Teaching Model to Correct Known Misconceptions in Electrochemistry. *Journal on Chemical Education* 77 (1), 104-110.

Opetushallitus, (2003). *Lukion opetussuunnitelman perusteet 2003*. Vammala, Vammalan Kirjapaino Oy.

Opetushallitus, (2004). *Peruskoulun opetussuunnitelman perusteet 2004*. Vammala, Vammalan Kirjapaino Oy.

Schmidt, H.-J., Marohn, A., & Harrison, A. G. (2007). Factors That Prevent Learning in Electrochemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 44 (2), 258-283.

7. Kemiallisen tasapainon opettaminen ja oppiminen

(Suula Arppe & Piia Tikkanen)

Useat tutkimukset ovat tulleet siihen tulokseen että oppilailla, riippumatta luokka-asteesta, on monenlaisia käsityksiä kemiallisesta tasapainosta. Käsitykset voidaan jakaa kuuteen eri kategoriaan; (a) sekaannukset ainemäärän ja konsentraation käsitteissä, (b) sekaannukset aineen muodostumisessa ja häviämisessä, (c) tasapainovakion väärät tulkinnat, (d) Le Chatelier'n periaatteen väärä soveltaminen, (e) väärät käsitykset kaasusysteemeistä ja (f) sekalaiset konseptit. Kemiallisen tasapainon opettamista on tutkittu paljon. Opetukseen on kehitetty monia erilaisia menetelmiä. Esimerkiksi analogioiden käyttö opetuksessa on todettu parantavan oppimista. Analogiat ovat eräänlaisia malleja: yksinkertaistettuja tai kärjistettyjä esityksiä halutusta ilmiöstä. Oppilailla on myös eräänlaisia ajatusmalleja, joiden avulla he yrittävät selittää kemiallisia ilmiöitä. Opiskelijat voidaan haastaa muuttamaan käsityksiään kemiallisesta tasapainosta. "Käsitteen muutos toiminnan avulla" -menetelmässä pyritään aktivoimaan ja muokkaamaan opiskelijoiden tietoja ja väärinymmärryksiä. Opiskelijoiden tulisi pohtia ja arvioida kemiallista ilmiötä, jotta he voivat havaita omat väärinymmärryksensä ja muuttaa käsityksiään. Artikkelissa esitellään myös konkreettisia esimerkkejä siitä, kuinka kemiallista tasapainoa voidaan opettaa. Harjoituksessa opiskelijat tutkivat ryhmissä kemiallista tasapainoa lähtöaineiden ja tuotteiden kannalta.

7.1 Haasteita kemiallisen tasapainon opetuksessa ja oppimisessa

Useat tutkimukset ovat tulleet siihen tulokseen että oppilailla, riippumatta luokka-asteesta, on monenlaisia käsityksiä kemiallisesta tasapainosta. Kemiallisen tasapainon opettamista ja oppimista on tutkittu jo 1970-luvulta lähtien. Uusimmissa tutkimuksissa esimerkiksi Driel ja Gräber (2003) jakoivat käsitykset kuuteen eri kategoriaan; (a) sekaannukset ainemäärän ja konsentraation käsitteissä, (b) sekaannukset aineen muodostumisessa ja häviämisessä, (c) tasapainovakion väärät tulkinnat, (d) Le Chatelier'n periaatteen väärä soveltaminen, (e) väärät käsitykset kaasusysteemeistä ja (f) sekalaiset konseptit.

Myös Piquette ja Heikkinen (2005) tutkivat kemiallisen tasapainon oppimista. He tulivat tutkimuksessaan muun muassa siihen tulokseen että opettajien valmisteleva toiminta on tärkeää. Opettajien ammatillista kehittämistä tulisi lisätä niin että heitä pitäisi informoida oppilaiden yleisistä virhekäsityksistä koskien kemiallista tasapainoa. Opettajat pitäisi myös tutustuttaa tutkimusperustaiseen opetukseen, kun opetetaan kemiallista tasapainoa.

7.2 Kemiallisen tasapainon opettaminen

7.2.1 Analogiat

Artikkelissaan Harrison ja Jong (2005) esittelivät erilaisten analogioiden käyttöä kemiallisen tasapainon opetuksessa. Artikkelin mukaan malleja pidetään tieteen perusosana, jollaisia oppilaiden tulisi oppia ymmärtämään ja muodostamaan. Parhaimmillaan mallit antavat pohjan opiskelijan omalle kehitykselle ja oppimiselle.

Harrisonin ja Jongin mukaan analogiat ovat eräänlaisia malleja. Ne ovat yksinkertaistettuja tai kärjistettyjä esityksiä halutusta ilmiöstä. Analogioiden avulla opettaja voi esitellä vaikean aiheen oppilaille tutussa ja ymmärrettävässä muodossa. Tällöin esimerkiksi kemiallinen tasapaino esitetään jokapäiväisten tapahtumien tai tuttujen tilanteiden kautta, jolloin opiskelijat pystyvät näkemään yhteneväisyydet opetettavaan aiheeseen. Kirjoittajien mukaan analogioiden käyttö saa opiskelijat kiinnostumaan käsiteltävästä aiheesta.

Artikkelissa esitetään, että parhaimmillaan opiskelijat esittävät tai ehdottavat omia analogioitaan tunnilla ja keskustelevat omista ja opettajan esittämistä analogioista, jolloin he joutuvat kehittämään ajatteluaan ja ymmärrystään. Omien analogioiden kautta opiskelijat saavuttavat syvemmän ymmärryksen kuin opettajan esittämien kautta.

Kirjoittajien mukaan analogioita käytettäessä on tärkeää tehdä lopuksi jonkinlainen yhteenveto analogiasta ja osoittaa selkeästi, kuinka se liittyy opettavaan aiheeseen. Lisäksi opettajan täytyy tuoda esille analogian viat ja epätäydellisyydet. Mikään analogia ei kuvaa täydellisesti kemiallista ilmiötä.

7.3 Käsitysten muuttaminen

Artikkelissaan Mansoor Niaz (2001) kirjoittaa, että oppilailla on erilaisia ajatusmalleja, joiden avulla he yrittävät selittää kemiallisia ilmiöitä. Nämä mallit voivat olla hyvin pysyviä ja niiden muuttamiseen tarvitaan muutakin kuin ristiriidassa oleva tieteellinen havainto. Mallin ydinteoria pysyy muuttumattomana, vain ydinteoriaa tukevat lisäteoriat voivat muuttua.

Niazin mukaan opiskelijat voidaan haastaa muuttamaan käsityksiään kemiallisesta tasapainosta. Artikkelissa esitetäänkin yksi tapa: opettaja esittää jonkin tasapainossa olevan kemiallisen reaktion. Reaktioon lisätään lähtöainetta. Nyt opiskelijoille esitetään esimerkiksi neljä väittämää, joihin kaikkiin opiskelijoiden täytyy kommentoida. Opiskelijoiden tulee pohtia väittämien oikeellisuutta ja esitellä kunnolliset perustelut tekemilleen johtopäätöksille. Tehtävän tarkoituksena on saada opiskelijat miettimään ja pohtimaan väittämää ja kemiallista tasapainoa, jotta he pystyvät perustelemaan vastauksensa. Vastaukset voidaan käydä yhdessä luokan kanssa läpi.

7.4 Käsitteen muutos toiminnan avulla

Bilgin ja Geban (2006) käsittelevät artikkelissaan käsitteen muutos toiminnan avulla -menetelmää. Menetelmässä pyritään aktivoimaan ja muokkaamaan opiskelijoiden tietoja ja väärinymmärryksiä. Toiminta edellyttää opiskelijoiden keskustelua ja käsityksien ilmaisemista. Opiskelijoiden tulisi keskustella ja arvioida kemiallista ilmiötä, jotta he voisivat havaita omat väärinymmärryksensä ja muuttaa käsityksiään.

Yhteistoiminnallinen opiskelu on opiskelua luokassa pienissä ryhmissä ja ryhmässä on helpompi havaita ja korjata väärinymmärryksiä. Oppimisen kannalta on kuitenkin tärkeää, että opiskelija on tyytymätön omaan väärään tai epätäydelliseen ajatusmalliinsa, jotta hän lähtisi muuttamaan sitä. Opettajan täytyykin esittää erilaisia tilanteita, jotka eivät sovi opiskelijan malliin ja hän joutuu pohtimaan ja keskustelemaan tilanteesta. Lisäksi heille täytyy esittää uusi parempi ja muokkautuvampi teoria aikaisemman tilalle.

Bilginin ja Gebaini mukaan opettaja voi hyödyntää yhteistoiminnallista opiskelua halutessaan korjata ja havainnollistaa opiskelijoille kemiallista tasapainoa. Jokaiselle opiskelijalle jaetaan väittämiä, joihin hänen täytyy ottaa kirjallisesti kantaa. Väittämistä keskustellaan sitten ryhmissä ja syntyneitä keskustelua ohjaa opettaja. Ryhmässä opiskelijat voivat havaita omat väärinkäsityksensä. Opettajan tulisi ohjata erilaiset käsitykset oikeaan suuntaan.

7.5 Esimerkkejä kemiallisen tasapainon opettamisesta

7.5.1. Tasapainoharjoitus

Wilson (1998) on esittänyt kemiallisen tasapainon oppimista helpottavan harjoituksen. Harjoituksessa luokka jaetaan ensin ryhmiin ja ryhmät kahteen joukkueeseen ja kirjanpitäjään. Joukkueet ovat lähtöaineet (L) ja tuotteet (T). Joukkueille L annetaan 40 esinettä. Ryhmille selitetään, että jokaisen muunnoksen aikana joukkue L antaa puolet esineistä joukkueelle T ja joukkue T antaa yhden neljäsosan esineistään joukkueelle L. Lisäksi joka kerta, kun tarvitaan puolikas, pyöristetään luku ylöspäin.

Kirjuri pitää huolen, että jokaisessa muunnoksessa oikea määrä esineitä vaihtaa joukkuetta ja pitää kirjaa siirtymistä. Kun ryhmä on mielestään dynaamisessa tasapainossa, he laskevat

Joukkueen T esineiden lukumäärä / Joukkueen L esineiden lukumäärä,

joka vastaa tietysti suhdetta [Tuotteet]/[Lähtöaineet]. Nyt opiskelijat ymmärtävät, että vaikka he jatkavat yhä esineiden vaihtoa joukkueesta toiseen, niiden konsentraatiot pysyvät samana.

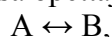
Aktiviteettia voidaan muuntaa siten, että lämpötila pysyy samana, mutta alussa joukkueella L on 40 ja joukkueella T on 20 esinettä. Tasapaino saavutetaan edelleen ja tasapainovakio pysyy samana.

Aktiviteettia voidaan muuttaa vielä uudestaan siten, että muunnetaan lämpötilaa. Tällöin nopeusvakiot muuttuvat, jolloin joukkue L antaa vaihdossa aina $\frac{3}{4}$ esineistä ja joukkue T $\frac{1}{8}$ esineistään. Nyt tasapainovakio on muuttunut, kun tasapaino saavutetaan.

7.5.2. Dynaamisen tasapainon simuloiminen

Harrison ja Buckley (2000) ovat kehittäneet dynaamisen tasapainon havainnollistamiseen harjoituksen. Harjoituksessa pyritään saamaan opiskelijat ymmärtämään, kuinka tasapainon muodostuminen etenee ja mitä tasapainossa tapahtuu.

Harjoituksessa opettaja piirtää piirtoheittimelle reaktion



missä nuolen päällä on vakio $\frac{1}{2} \text{ min}^{-1}$ ja alla vakio $\frac{1}{4} \text{ min}^{-1}$. Opiskelijoille kerrotaan, että vakioita käytetään laskettaessa, kuinka monta lähtöainetta muuttuu tuotteiksi ja toisin päin yhden minuutin kuluessa.

Piirtoheittimelle asetetaan A:n alle 24 esinettä, esimerkiksi kolikoita. B:n alle ei tule yhtään esinettä, koska alussa B:tä ei esiinny lainkaan. Nyt aina kun minuutti on kulunut, puolet lähtöaineista muuttuu tuotteiksi ja yksi neljäsosa tuotteista muuttuu lähtöaineiksi. Muutokset kerätään taulukkoon (taulukko 1).

Taulukko 1. Tasapainoreaktion aineiden määrät ajan kuluessa.

Aika / min	[A]	[B]
0	24	0
1	12	12
2	9	15
3	8	16
4	8	16
5	8	16

Huomioitavaa on, että lukuja 9 ja 15 ei voida jakaa kahdella niin, että tulisi kokonaisluku, joudutaan tekemään approksimaatio. Tämä ei ole kovinkaan vakavaa, sillä suuremmilla molekyylliluvuilla tätä ongelmaa ei synny. Yksi tapa on pyöristää aina alaspäin jakamisen jälkeen.

Luokan kanssa olisi tärkeä keskustella, mitä tapahtuu kolmen minuutin jälkeen. Tällöin opiskelijat havaitsevat itse, mitä dynaaminen tasapaino tarkoittaa. Kolmannen minuutin jälkeen, jos mikään ei muutu, täytyy neljän esineen muuttua lähtöaineista tuotteiksi ja neljän esineen tuotteista lähtöaineiksi joka minuutti maailman loppuun asti, jos halutaan simuloida todellista tasapainoa.

Harjoitusta voidaan muokata muuttamalla aineiden alkukonsentraatiota tai lisäämällä tasapainossa olevaan systeemiin lisää toista ainetta. Tasapainossa aineiden suhteet ovat kuitenkin aina samat ja tasapainon saavuttamiseen kuluva aika on aina sama.

Lähteet

Van Driel, J., & Gräber, W. (2003). *Chemical Education: Towards Research-based Practice. The Teaching and Learning of Chemical Equilibrium*. Netherlands, Kluwer Academic Publishers.

Piquette, J. S., & Heikkinen, H. W. (2005). Strategies Reportet Used by Instructors to Address Student Alternate Conceptions in Chemical Equilibrium. *Journal of Research in Science Teaching*, 42 (10), 1112-1134.

Bilgin, I., & Geban Ö. (2006). The Effect of Cooperative Learning Approach Based on Conceptual Change on Students' Understanding of Chemical Equilibrium Concepts. *Journal of Science Education and Technology*, 15 (1), 31-46.

Harrison, A. G., De Jong, O. (2005). Exploring the Use of Multiple Analogical Models When Teaching and Learning Chemical Equilibrium. *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 1135-1159.

Harrison, J. A., Buckley, P. B. (2000). Simulating Dynamic Equilibria: A Class Experiment. *Journal of Chemical Education*, 77 (8), 1013-1014.

Niaz, M. (2001). Response to Contradiction: Conflict Resolution Strategies Used by Students in Solving Problems of Chemical Equilibrium. *Journal of Science Education and Technology*, 10 (2), 205-211.

Wilson, A. H. (1998). Equilibrium: A Teaching/Learning Activity. *Journal of Chemical Education*, 75 (9), 1176-1177.

8. Vardagskemi i kemiundervisningen (arkipäivän kemiaa opetuksessa)

(Susanne Bergström-Nyberg & Patricia Nevanko)

Grundskolans läroplan (2004) vidhåller att kemiundervisningen skall basera sig på elevens tidigare kunskaper och erfarenheter, undervisningen skall bygga på ett undersökande arbetssätt där utgångspunkten är observationer och undersökningar av ämnen och fenomen i omgivningen. Verklighetsanknutna laborationer för vardagskemin närmare eleven och ger således ett större utbyte för eleven då de bygger på fenomen som är bekanta från tidigare. Kemin som omger oss är något som var och en kan "prova själv". Därför kallar vi det vardagskemi. I samband med behandling av vardagskemi är det lämpligt att införa korta laborationer. Korta laborationer fordrar ofta en enkel utrustning, varvid tyngdpunkten läggs på själva utförandet av laborationen och på det man iakttar. Strävan är också att slutprodukten är rolig/användbar på något sätt. Korta laborationer ger anledning till många tankar samt diskussioner och det sociala samspelet mellan eleverna aktiveras. Ett krav i dagens samhälle är att människor kan arbeta tillsammans på ett konstruktivt sätt. Undervisningen skall stimulera eleverna att komma fram till svar i samarbete med varandra. När flera hjälps åt kommer fler idéer fram. Läraren kan genom diskussion få inblick i elevernas intresse och styra sina experiment att uppfylla deras önskemål. Då uppgifter som skall utföras utgår från elevernas egna tankar och funderingar blir de intressanta för eleven. Undervisningen bör ge utrymme för självständigt tänkande. Läroplan hävdar att undervisningen skall inspirera till

studier i naturvetenskap. Korta laborationer som anknyter till elevernas egen värld uppehåller upptäckarglädjen.

8.1 Vardagskemi i undervisningen

Samhället som väntar dagens elever ställer stora krav på initiativförmåga, förmåga att värdera information och framförallt förmåga att arbeta tillsammans med andra på ett konstruktivt sätt (Åberg, 2000). Undervisningen bör ge utrymme för självständigt tänkande och läraren bör försöka stimulera eleven till egna funderingar. Experimenten kan vara enkla, vilket ger mera utrymme för eleverna att diskutera med varandra och själv kunna dra sina slutsatser. De korta laborationerna ger utrymme för ett självständigt tänkande. Eleverna löser problem i små grupper, uppgiften diskuteras och man reflekterar över sina erfarenheter. Läraren bör undvika att ge intrycket att det finns bara ett enda rätt svar. Så är det inte heller i det verkliga livet utan man bör betrakta ett arbete från olika infallsvinklar. Läraren tränar eleverna att komma fram till svaren i samarbete med varandra. När flera elever hjälps åt kommer fler idéer fram som de övriga kan lära sig av.

Det är en vanlig erfarenhet att eleverna i högstadiet tappat upptäckarglädjen och intresset för kemi minskar, ändå finns kemin hela tiden närvarande och eleverna kommer dagligen i kontakt med kemiska fenomen och händelser från sin omgivning. I högstadiet kommer man snabbt in på abstrakta begrepp som atomer, molekyler och formler. Då är det viktigt att kemin anknyter till elevernas egen värld (Åberg, 2000). Ett flertal forskningar konstaterar att intresset för kemi har minskat betydligt under flera års tid (Aksela & Juvonen, 1999, Aksela & Karjalainen, 2008, Arinen & Karjalainen, 2007, Jääskeläinen, 2008 och Lavonen et al., 2005). Enligt Lavonen et al. (2005) studerar och lär sig elever naturvetenskaper bättre då de är intresserade av det. Ett sätt att främja intresset för kemiundervisningen är att välja områden som intressanta för eleverna och som är bekanta för eleverna från förut (bl.a. Lavonen et al., 2005 och OPH, 2004). Många av eleverna har aldrig tänkt på varför vissa saker sker runt omkring dem och har aldrig känt behov av att veta det heller. Då man vill förklara något i naturvetenskap kan man emellertid vända sig till dessa företeelser (Ekstig, 2002). Det innebär att man börja där eleven befinner sig, i hennes vardag. Man bygger på elevens egna erfarenheter och tidigare kunskaper (Sjöberg, 2005). Ekstig (2002) använder sig av en trestegsväg för att förklara vardagsrelaterade ämnen och ämnen i elevernas närhet för eleverna. Först använder han sig av vardagsförtrogenhet, d.v.s. han tar exempel från elevens vardag som de väl känner till och som de får undersöka närmare. Steg två kallar han modelltänkande. Då använder han sig av elevens vardagsförtrogenhet och bygger på med liknande fenomen och till sist, steg tre, vetenskapligförklaring, då ger han förklaring till tidigare fenomen, som bygger på vetenskapliga begrepp. Viktigt att komma ihåg då undervisningen bygger på elevers erfarenheter är att, alla elever har olika erfarenheter och vems erfarenheter ska man välja? Här måste läraren själv göra ett bedömande och avgöra vilka föreställningar hos eleverna som är de mest utbredda.

Användningen av många olika arbetsmetoder ökar även elevernas intresse (Lavonen et al., 2005). Ett alternativt sätt att låta eleverna arbeta laborativt är att använda så kallade ”open-ended experiments” som innebär att eleverna går in i en laboration med begränsade instruktioner och ska försöka finna ett lämpligt sätt att lösa problemet de ställts inför. Berg et al. (2003) anser att denna form av laborativt arbete är den som elever lär sig bäst på.

8.2. Korta laborationer i undervisningen

I grundskolans läroplan nämns inte vardagsnära laborationer eller termen vardagskemi utan man talar om att undervisningens mål är att hjälpa eleven att förstå kemins betydelse i vardagslivet, omgivningen och samhället och att eleven skall ges de färdigheter hon behöver för att kunna fatta vardagliga beslut. Vardagskemi torde göra världen mer begriplig för eleverna, vilket är en del av kriterierna i läroplanen. Inte heller nämns laborationers längd i läroplanen och detta ger ju läraren frihet att själv bestämma hur hon vill experimentera. Läroplanen är ju ett styrdokument som skall leda läraren, inte exakt bestämma vad densamma skall göra. Kaisers (2008) forskning om huruvida korta laborationer kan ersätta längre laborationer ger inte ett entydigt svar. Det som i alla fall är intressant är att brist på resurser och tid kan ge utrymme för kortare laborationer inom varje del i kemin. Eleverna i denna studie uppskattade vardagsnära laborationer, de tyckte att de ger en djupare inblick i kemin i deras omvärld. Korta laborationer kan ge lika mycket som längre, bara det finns en frågeställning som knyts ihop ordentligt i slutet. Andersson (2001) säger att ofta kan enklare kemi som vardagliga laborationer i slutänden ge större vetenskapligt kunnande. En laborationsrapport ger eleverna tillfälle att reflektera över laborationen och därmed få den vetenskapliga terminologin som krävs för ytterligare kemikunskap.

Arbetet inom vetenskapen baseras ofta på att en hypotes ställs och sedan testas om den håller eller om den skall förkastas. Ett vanligt sätt att kontrollera en hypotes inom naturvetenskapen är att göra experiment (Sjöberg, 2006). Det centrala med att använda gemensamma begrepp inom naturvetenskapen är grunden för utveckling av samhället som bl.a. baseras på teknologi. Det är också förutsättningen för en god kommunikation t.ex. när man i dessa sammanhang pratar om tider, massa, temperatur etc. att alla då mäter dessa storheter på samma sätt (Sjöberg, 2005). Apparaturen som används vid en laboration eller demonstration bör vara enkel. Vid laborationsarbeten beprövas arbetsminnet mest genom elevernas alerthet. Arbetsminnets kapacitet är lätt att överskrida vid användning av nya termer. De nya termerna i instruktionerna som läraren ger till eleverna kan exempelvis överbelasta arbetsminnet genom att innehålla alltför många nya termer. Framför allt nya ting belastar arbetsminnet, men kända rutiner inte gör det. Detta leder till individuella skillnader. Enligt Lampiselkä (2003) och White (1989) komprimerar en expert och en novis satsen ”stark svavelsyra är ett gott vattenborttagningsmedel” på olika sätt. En expert tänker [stark svavelsyra] [är ett gott] [vattenborttagningsmedel], men för en novis finns det mycket mera att processera i satsen [stark] [svavel][syra] [är] [ett] [gott] [vatten][borttagnings][medel].

Lampiselkä (2003) utreder i sin forskning kring demonstrationer i gymnasiets kemiundervisning, vilken effekt demonstrationerna har för elevens mottagning av vetenskapliga begrepp. Han undersöker hur eleven bekantar sig med det kemiska begreppet samt hennes förståelse och anpassningsprocess av ifrågavarande begrepp. Lampiselkä koncentrerar sig speciellt på hur man med hjälp av demonstrationer kan bygga ett samband mellan begreppet som behandlas och dess teoretiska motiveringar, utan risk för missuppfattningar. Enligt Lampiselkä (2003) hittas i olika demonstrations guider och lärarinstruktioner följande praktiska instruktioner:

- demonstrationer bör tidsplaneras till det rätta ögonblicket
- motivationsdemonstrationer är ofta kvalitativa och ger en god start för lektionen,
- demonstrationsbordet bör vara snyggt och där bör inte finnas onödiga saker,
- bakgrunden bakom demonstrationsapparaturen bör ha rätt val av färg, så att experimentanordningen urskiljs från den övriga bakgrunden,
- eleverna bör se demonstrationen, alltså bör läraren och annan apparatur som befinner sig i klassen inte skymma experimentanordningen,
- man berättar för eleverna, vad man demonstrerar och varför, å andra sidan är överraskning till fördel,
- obekant apparatur presenteras för eleverna exempelvis vid konstruktion av experimentanordningen,
- demonstrationsanordningen bör vara tillräckligt stor, förenklad och simpel, för att fenomenet skall vara lätt att observera,
- experimentet bör lyckas, varför t.ex. i samband med experiment i ellära bör komponenterna väljas så att fenomenet är observerbart,
- experimentet får inte ta för lång tid, förberedelser får inte uppta en alltför stor del av lektionen,
- då demonstrationen är slutförd, flyttas redskapen ur vägen,
- ifall informationsteknik används, bör transformatorns, sensorernas funktionsprincip och apparaturens kopplingar förklaras för eleven åtminstone den första gången. Vidare förklarar Lampiselkä (2003), att demonstrationer är nyttiga bl.a. av följande orsaker:
- eleverna förstår ofta talet fel, när demonstrationen å sin sida stöder inläringen,
- elevernas intresse väcks med hjälp av demonstrationer, vilket leder till att eleverna börjar ställa frågor och delta i lektionen mera aktivt,
- eleverna minns ett fenomen bättre, då de har sett det,
- då demonstrationen är överraskande, aktiveras eleverna och deras fokus riktas till det undervisade fenomenet,
- eleverna kan förankra informationen till sina egna observationer och mätresultat.

8.3 Slutdiskussion

Receptet är enkelt och enkelhet; Läraren bör anknyta kemiundervisningen till elevens vardag; Vid val av laborationer bör ”korta laborationer” föredras (åtminstone då laborationen anknyter till vardagskemi); Utrustningen som används i demonstrationer och laborationer bör vara enkel. Syftet med användningen av de korta laborationerna är att de skall väcka upptäckarglädje och att slutprodukten, det vad eleverna fått ut av laborationen skall vara rolig eller användbar på något sätt. Införandet av flere korta laborationer framom färre och längre laborationer ökar det sociala samspelet mellan eleverna, eftersom läraren ges möjligheten att omgruppera för nästa laboration. Gruppdynamiken inverkar på individen olika i olika situationer och i olika grupper, en elev som verkar hamnat i skymundan i en grupp kan vara väldigt aktiv i en annan grupp. Det är alltså motiverat att läraren väljer att ha olika kombinationer av grupper vid olika tillfällen.

Denna studie fokuserar kraftigt på de korta laborationerna inom vardagskemi, men vardagskemi kan vara så mycket annat. Man kommer långt redan genom att diskutera

olika vardagliga händelser ur kemisk synvinkel, att få eleverna att förstå att kemin finns närvarande dagligen vart än vi går. Ju mer vardagligt exemplet är, desto kraftigare inverkan har den, desto fruktsammare blir diskussionen. Ett lämpligt ämne kunde vara att diskutera städning, som enligt Tuula Suontamo (2006) är vardagskemi, eller matlagning eller bränsle e.d.. Huvudsaken är att ämnesvalet intresserar eleverna och att eleverna möjligen intresseras av kemin bakom det diskuterade fenomenet.

Referenser

- Aksela, M., & Juvonen, R. (1999). *Kemian opetus tänään*. Helsinki, Opetushallitus.
- Aksela, M., & Karjalainen, V. (2008). *Kemian opetus tänään: nykytila ja haasteet Suomessa*. Helsingin yliopisto, Helsingfors, Yliopistopaino.
- Andersson, B. (2001). *Elevers tänkande och skolans naturvetenskap*. Kalmar, Leanders tryckeri AB.
- Arinen, P., & Karjalainen, T. (2007). PISA 2006 ensituloksia: 15-vuotiaiden koululaisten luonnontieteiden, matematiikan ja lukemisen osaamisesta. Opetusministeriön julkaisuja 2007:38.
- Berg, C. A. R., Bergendahl, C. V., Lundberg, K. S., & Tibell, L. A. E. (2003). Benefiting from open- ended experiment? A comparison. *International Journal of Science Education*, 25, 351-372.
- Ekstig, B. (2002). *Naturen, vetenskapen och lärandet*. Lund, Studentlitteratur.
- Jääskeläinen, P. (2008). Kiinnostuksen tukeminen perusopetuksessa: molekyylihallinnus työtapana. Pro-gradu arbete, Helsingfors Universitet.
- Kaiser, J. (2008). Vardagsnära laborationer, Examensarbete. Lärarprogrammet. Linköpings universitet.
- Lampiselkä, J. (2003). Demonstraatio lukion kemian opetuksessa. Väitöskirja, JY.
- Lavonen, J., Byman, R., Juuti, K., Meisalo, V., & Uitto, A. (2005). Pupil Interest in Physics: A Survey in Finland. *Nordina*, 2, 72-85.
- Sjöberg, S. (2005). *Naturvetenskap som allmänbildning – en kritisk ämnesdidaktik*. Lund, Studentlitteratur. Andra upplagan.
- Suontamo, T. (2006). Siivous on arkipäivän kemiaa. Hämtat 12.5.2009 från <http://www.ketek.fi/tiedostot/dSZfhEHu.pdf>.
- White, R. T. (1989). *Learning Science*. Oxford, Blackwell.
- Åberg, S. (2002). En programförklaring för SkolKemi <http://school.chem.umu.se/Compiled/pedtanke>, läst 12.5.2009.

Bilaga 1: Källa: Kaiser, J. (2008). Vardagsnära laborationer

Bilaga 2: Källa: Kurtén-Finnäs et al. (2003). Oktetten, Arbetsbok 1. Borgå. Söderströms förlag.

Bilaga 3. Papperskromatografi:

Material: Filterpapper
Dekanterglas
Vattenlösliga tuscher
Smarties-karameller eller M&M-karameller

Utförande: Är inte alltid pennan
den färg vi tror..?

- Klipp en bit filterpapper.
- Gör tre olika färgfläckar ca 2 cm från nedre kanten.
- Häll ca 1 cm vatten i dekanterglaset.
- Sätt filterpapprets nedre kant i vattnet.
- Tuschfläckarna måste vara ovanför vattenytan.
- Låt vattnet sugas upp och se vad som händer.



Mmm...

Men varför har du så blå tunga då
du ätit några Smarties?

- Låt några karameller ligga i en petriskål med några droppar vatten.
- Doppa en filterpappersremsa i vattnet och

II Perusopetus

Kemian kerhot koulun kerhotarjottimella

Merike Kesler

Kerhokeskus – koulutyön tuki ry

Kerhokeskus - koulutyön tuki ry on toiminut koulujen kerho- ja harrastetoiminnan kehittäjänä reilun kuudenkymmenen vuoden ajan. Tiedekasvatuksen, eritoten tiedeharrastuneisuuden ja tiedekerhotoiminnan edistäminen on ollut tärkeänä painopisteenä viimeiset viisi vuotta. Tutki-Kokeile-Kehitä -kilpailua on järjestetty kolmen vuosikymmenen ajan. Kemian kerhojen suunnittelu ja materiaalin tuottaminen ohjaajille oli kimmokkeena myös nykyisen laajan tiedekerhosivuston syntymiselle. Kemiankerhojen lisäksi kemia on luonteva osa myös muissa luonnontieteiden kerhoissa, kuten mikrobiologian, metsä-, biologian tai maantiedon kerhossa.

1. Tiedekerhojen erikoispiirteet

Tiedekerhon ei tarvitse rajautua pelkästään luonnontieteisiin, matematiikkaan, teknologiaan tai tietotekniikkaan, jotka ovat useimmiten tiedekerhojen aihealueina. Kerhosta tekee tiedekerhon siinä käytettävien menetelmien kokonaisuus. Tiedekerhossa edistetään tieteellistä lukutaitoa ja osaamista. Omaksuttavat tiedot ja taidot liittyvät tutkivaan lähestymistapaan ja oppilaita ohjataan ihmettelemään, havainnoimaan ja oivaltamaan asioita. Tutkimuksen tekeminen ja/tai tutkimusmenetelmiin tutustuminen ovat yleensä luontevia tiedekerhon aiheita.

Perinteisten harrastusmuotojen, kuten taide- ja taitoharrastusten rinnalla, ohjattu tiedeharrastus ei ole yhtä yleisesti tarjottu lapsille. Tieteistä kiinnostunut oppilaat ovatkin usein oman tai perheenjäsentensä aktiivisuuden varassa. Tiedekerho voisi olla kiinnostuneille lapsille luonteva ja on usein myös ainoa tapa rakentaa innostuneisuuttaan positiivisella tavalla. Tiedekerho on myös sukupuoli- ja uskontoneutraali, tarjoten harrastusmahdollisuuden hyvin eritaustaisille oppilaille.

Tiedekerhoissa joudutaan mahdollisesti enemmän panostamaan turvallisuuteen, eettisiin ratkaisuihin ja kestäväen kehityksen mukaisiin asioihin. Etenkin luonnontieteellisissä kerhoissa turvallisen työskentelyn huomioiminen on tärkeä. Ohjaajan on oltava perillä käytettävien välineiden, materiaalien ja aineiden turvallisuudesta ja käytön vaikutuksista. Oppilaiden kanssa kannattaakin harjoitella kerhon alussa ensiaputaitoja sekä tutustuttaa heidät erilaisiin käyttöohjeisiin. Mikäli kerhon ohjaaja tulee koulun ulkopuolelta, hänet täytyy perehdyttää koulun turvallisuussääntöihin. Kerholaisten kanssa on hyvä puhua myös siitä, miten tutkimuksia voidaan suorittaa ilman että loukataan tai vahingoitetaan muita ihmisiä ja eliöitä tai rikotaan lakia. Samassa voidaan kerrata jokamiehen oikeudet sekä tutustua jätteiden käsittelyyn ja kierrätykseen.

Tiedekerhojen ominaispiirteeksi voidaan laskea myös väline- ja materiaalisidonnaisuuden. Etenkin syventävissä kerhoissa voisi mahdollisuuksien mukaan panostaa hyvään ja monipuoliseen tutkimusvälineistöön. Aina se ei ole mahdollista tai edes tarpeellista. Kuten opetuksessa, myös kerhotoiminnassa paikallisten olosuhteiden hyödyntäminen rikastuttaa

sisältöjä. Välinehankinnassa voidaan tehdä myös muutaman kerhon yhteishankintoja tai lainata välineitä kerhon käyttöön.

2. Kemian kerhot

Kemianaiheisen kerhon voi suunnitella hyvin monipuoliseksi, integroiden siihen myös muiden aihealueiden teemoja. Kokeellisuudella on kemian kerhossa luonteva rooli ja kerhotuntien aikana siihen on myös aikaa. Kerhosisällön suunnittelussa ohjaajan on otettava huomioon kerholaisten ikä ja taso, tilojen puitteet sekä materiaaleihin ja tarvikkeisiin liittyvät resurssit. Vaikka kerho on luonnollisesti järjestetty oppilaita varten, opettajan kannattaa pohtia myös omia henkilökohtaisia intressejä ja tavoitteita kerhon suhteen. Koko lukuvuoden kestävä kerho voi jakaa pienempiin jaksoihin, jolloin aiheet ja teemat vaihtelevat. Se auttaa jaksamista ja pitää ohjaajankin innostusta yllä. Vielä mukavampaa on, jos kerhoa voi ohjata yhdessä toisen opettajan kanssa. Silloin myös vastuuta voi jakaa.

Jos kemian aihealueet tuntuvat aluksi vierailta, voi aloittaa niihin tutustumisen jostakin itseään lähellä olevasta aiheesta tai vaikkapa omasta harrastuksesta. Hyvä syy ohjaajalle kemian kerhon järjestämiseen voisi olla uusien asioiden testaaminen. Kerhossa voi luontevasti harjoitella erilaisia kokeellisia tehtäviä, tehdä suurempia koejärjestelyjä tai testata kokeen toimivuutta oppilaiden kanssa. Koska kerhossa aika ei ole rajoite, nimenomaan kokeellisuuden lisääminen on mahdollista. Kerhotoiminta ja siinä käytettävä kokeellinen tai tutkiva lähestymistapa voivat innostaa oppimaan kemiaa myös sellaisia oppilaita, jotka eivät oppitunneilla ole motivoituneita. Sisältötehtäviä kemian kerhoihin löytyy monipuolisesti muun muassa sähköisessä muodossa. Tiedekerhosivustolla (www.kerhonetti.net/tiedekerhot) kemiaan liittyvää kuuden kerhokerran kokonaisuutta on kaksi. Myös solu- ja mikrobiologian sekä ilmastomuutoskerhossa jokaisella kerhokerralla tehdään kemiaan liittyviä tutkimuksia. Biologiassa entsyymeihin liittyvät tehtävät voi linkittää kemian kerhoon, metsäkerhossa taas maaperään, lannoitteisiin ja paperiin liittyvät kerhokerrat sisältävät kemian tutkimuksia. Monipuolisessa rikosetsivien kerhokokonaisuudessa voi kemian keinon lähteä tutkimaan esimerkiksi valkoisten jauheiden arvotusta.

3. Arviointi

Kerhossa ei anneta arvosanoja ja jokainen saa tehdä asioita omista lähtökohdista sekä tason mukaisesti. Kerhotoiminnan arviointi on kuitenkin erittäin tärkeä jatkokehittelyn kannalta. Ohjaaja voi koota palautetta kerholaisilta ja heidän vanhemmiltaan tai kerhon päätyttyä voidaan käydä yleinen palautekeskustelu. Mainio tapa saada palautetta kerhon onnistumisesta voisi olla esimerkiksi kerhonäyttelyn, -posterin tai -lehden koonti. Näyttelyyn voidaan kutsua vanhempien lisäksi myös muita oppilaita. Kerhotuotosten esille nostaminen on motivoivaa myös kerholaisille. Raportilla ja kerhotuoksella voi osallistua erilaisiin valtakunnallisiin tai paikallisiin tiedekilpailuihin (kuten esimerkiksi Tutki-Kokeile-Kehitä tai Viksu).

4. Opettajasta ohjaajaksi

Opettajat ovat erinomaisia koulun kerhojen ohjaajia – heillä on hyvä pedagoginen ammattitaito sekä tiedot eri aineista ja koulun tavoista. Suurin este tiedekerhon ja myös kemian kerhon ohjaajaksi ryhtymisessä näyttäisi olevan opettajan pelko riittämättömistä tietotaidoista. Kun oppitunneilla pysytään tietyillä opetussuunnitelman mukaisilla aihealueilla, kerhossa näin ei välttämättä ole. Opettajan onkin pystyttävä luopumaan opettajan roolistaan ja ryhdyttävä ohjaajaksi, joka on kerholaiselle turvallinen ja läsnä oleva aikuinen innostaen häntä tutkimaan ja ihmettelemään. Kuten ei opettajan kerhonohtajaankaan tarvitse todistaa olevansa tiedemies tai -nainen.

Hyvä kerho, jossa on aito vuorovaikutus, tarjoaa onnistumisen kokemuksia sekä oppilaalle että ohjaajalle. Kerhotoiminta voi olla myös luonteva tapa lähestyä vanhempia ja käydä keskustelua positiivisessa kannustavassa hengessä. Kerho on opettajalle oiva mahdollisuus tutustua oppilaisiin paremmin. On huomattu, että myös koulumenestys on parantunut kerhotoimintaan osallistuvilla oppilailla. Aiheesta ei kuitenkaan ole tarkempia tutkimuksia, joten on vaikea sanoa johtuuko arvosanojen paraneminen oppilaan tai opettajan asennemuutoksesta taikka paremmasta osaamisesta.

Opettajalle voi aluksi olla myös vaikea ottaa oppilaita mukaan kerhosisältöjen suunnitteluun tai huomioida heidän toiveita. Oppilaiden mukaan ottaminen on kuitenkin erittäin tärkeätä, jos halutaan ylläpitää motivaatiota osallistua kerhoon. Vaikka kemian kerho olisikin hyvin ohjaajavetoinen ja käytettäisiin valmiita ohjeita, oppilailta voi silti kysyä mitä mieltä he ovat valituista aiheista ja mitä he haluaisivat kerhossa tehdä, jos rajoituksia ei olisi. Ohjaaja voi rekrytoida myös vanhempia oppilaita apuopettajiksi, jolloin kerhon tavoitteellinen ulottuvuus laajenee.

5. Valtakunnallinen koulujen kerhotoiminnan kehittäminen

Vuosien 2008–2009 aikana on koulun kerhotoiminta saanut ansaittua huomiota valtakunnallisella tasolla ja uusien kerhojen syntymistä on edistetty rahallisella tuella. Kerhokeskuksen ja muiden kerhotoiminnan kehittäjien tavoite on, että jokaisella peruskoululaisella olisi mahdollisuus harrastaa koulussa vähintään yksi tunti viikossa. Kerhotoiminta tukee koulun opetus- ja kasvatustyötä ja sille on asetettu seuraavia tavoitteita (Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004, 23):

- *”kodin ja koulun kasvatustyön tukeminen”*
- *”lasten ja nuorten osallisuuden lisääminen”*
- *”mahdollisuuden antaminen sosiaalisten taitojen kehittämiseen ja yhteisölliseen kasvamiseen”*
- *”mahdollisuuden antaminen onnistumisen ja osaamisen kokemukseen”*
- *”luovan toiminnan ja ajattelun kehittäminen”*
- *”lasten ja nuorten kannustaminen tuottamaan omaa kulttuuriaan”*
- *”mahdollisuus oppilaan tuntemisen lisäämiseen”*
- *”harrastuneisuuden tukeminen ja myönteisten harrastusten edistäminen”*

Jokainen koulu ja kerho asettaa toiminnalleen omia tavoitteita kirjaten ne koulun vuosisuunnitelmaan. Laadukkaalla, hyvin suunnitellulla ja tavoitteellisella kerhotoiminnalla edistetään monipuolisesti lasten ja nuorten hyvinvointia sekä tasa-arvoa. Kunnat voivat hakea koulujen kerhotoimintaan avustusta Opetushallituksesta ja käyttää sitä muun muassa ohjaajien palkkioihin tai kerhojen materiaaleihin ja välineisiin.

5.1 Koulun kerhojen erikoispiirteet

Koulun kerhotoiminnalla on monia erikoispiirteitä verraten esimerkiksi järjestöjen tarjoamaan kerhotoimintaan. Koulun kerhotoimintaa ohjaavat yhtenäiset perusopetuksen opetussuunnitelmassa määritellyt tavoitteet. Koulun kerhojen täytyy olla aina maksuttomia ja vapaaehtoisia. Koulun kerhoja voivat ohjata ainoastaan aikuiset tai alaikäiset aikuisen ohjaajan työparina. Edellisten lisäksi koulun kerhossa on otettava huomioon koulun säännöt ja toimittava kouluyhteisön ehdoilla. Koulun kerhoissa on toivottava myös suurempi lasten ja nuorten oma osallisuus esimerkiksi kerhokyselyjen tai -suunnittelujen toteuttajina.

Kootusti koulun kerhojen keskeisiä piirteitä ovat:

- tavoitteellisuus (sisältää taidolliset, tiedolliset ja elämykselliset tavoitteet)
- suunnitelmallisuus (kerhotoiminta perustuu toiminta- ja työsuunnitelmiin)
- säännöllisyys (kerhoilla on vakituinen kokoontumisaika)
- pitkäjänteisyys (kerhoihin on mahdollisuus osallistua koko lukukauden ja koko peruskoulun ajan)

Laadukas kerhotoiminta tuottaa hyvinvointia sekä oppilaalle että koko kouluyhteisölle.

Lähteet

Kenttälä, M. (2008). *Koulun kerhokäsikirja*. Helsinki, Kerhokeskus – koulutyön tuki ry.

Kenttälä, M., & Kesler, M. (2009). *Kerhotoiminta osa kehittyvää ja hyvinvoivaa koulua*. Helsinki, Kerhokeskus – koulutyön tuki ry.

POPS. (2004). *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004*. Opetushallitus, Vammalan kirjapaino Oy.

Kokeellisuus alakoulussa: Tekemällä oppii

Kirsi Agge

Herttoniemenrannan ala-aste, Helsinki

Koulussa opitaan monia taitoja, ei ainoastaan eri oppiaineiden sisältöjä. Luonnontieteeseen liittyviä taitoja on Meisalon ja Lavosen (1994) laatiman jaottelun mukaan useita kognitiivisista taidoista vuorovaikutustaitoihin ja aina itsenäisen persoonallisuuden taitoihin. Yksi keskeinen taito – sekin erilaisine osataitoineen – on kokeellisen työskentelyn taito, joka usein mielletään erityisesti kemian tutkimukseen ja oppimiseen kuuluvaksi, onhan mielikuva valkotakkisesta kemististä koeputkineen hyvin yleinen.

Jos kemian ajatellaan perustuvan kokeelliselle tutkimukselle, miksi sen kouluopetuskin ei olisi sellaista? Miten luonnontiedettä voisi opettaa ja oppia pelkkien kirjojen ja vihkojen avulla sille luonteenomaiset tutkimukset ja kokeellisuus unohtaen? Vuoden 2004 opetussuunnitelman perusteiden mukaan kemian, kuten muidenkin luonnontieteiden oppimisen lähtökohta onkin muuttunut, ja oppilaan omaa tutkivaa ja kokeellista toimintaa pidetään entistä keskeisempänä. Opettajat velvoitetaan opetussuunnitelman perusteiden pykälämuotoon laaditun tekstin arvovallalla järjestämään opetus tutkivaksi, toiminnalliseksi ja kokeelliseksi. Miten tällainen lähtökohta soveltuu alakoulun suurille ja heterogeenisille oppilasryhmille?

Oppilasryhmät ovat tosiaan usein haastavia sekä kokonsa että moninaisten tarpeidensa johdosta. Vain harvassa alakoulussa on käytettävissä luonnontietoluokka tai muu tutkimuksille perustuvaan työskentelyyn sopiva erillinen tila. Toiminnallisia ja kokeellisia tunteja ei myöskään voi toteuttaa jaetun ryhmän kanssa, vaan tilojen ja välineiden on riitettävä jopa yli kolmellekymmenelle oppilaalle kerrallaan. Kokeellisen työskentelyn toteuttaminen alakoulussa vaatii siten enemmän suunnittelua ja käytännön järjestelyjä, kuin luokanopettajan työtä käytännössä kokeilematta tulisi ajateltua.

1. Kokeellisuus ja toiminnallisuus ovat perusteltuja

Tarve kokeelliseen, luovaan sekä ongelmanratkaisua ja toiminnallisuutta sisältävään oppimiseen on kuitenkin monin tavoin perusteltavissa – ja se on kaikkien vaatimiensa erityisjärjestelyiden arvoista.

Bruner (1966) vaati jo neljäkymmentä vuotta sitten opetuksen järjestämistä niin, että oppija pääsee yhteyteen opittavan kanssa, vaikkapa tutkimusten kautta. Tämä ruokkii hänen mukaansa lasten luontaista uteliaisuutta ja motivaatiota. Bruner (emt.) totesi edelleen, että muusta oppimisesta poikkeava, kontekstistaan irrotettu kouluoppiminen edellyttää erityistä ja tietoista ponnistelua asiaan keskittymiseen. Ovatko opetus ja oppiminen kehittyneet kuluneiden vuosikymmenien aikana? Kehitystä on tapahtunut, mutta edelleen on Hakkaraisen ym. (1999) tapaan syytä vaatia koulussa tapahtuvan ongelmanratkaisun ja oppimisen lähentyvän sellaisia käytäntöjä, joiden avulla asiantuntijat ratkaisevat ongelmia. Kemian kohdalla tämä varmasti tarkoittaa kokeellisuutta ja ilmiöihin tutustumista itse havainnoiden.

Tutkimuksessaan koulujen tehokkuudesta Mortimore (1998) toteaa, että odotamme koulujen olevan täynnä energiaa ja oppimisen halua, jota kaikilla kouluun tulevilla lapsilla on luonnostaan.

Kouluissa oppimisen halun ja energian odotetaan vain kasvavan. Oppilailla on tullessaan monia taitoja ja he ovat hahmottaneet maailmaa monen vuoden ajan. Mortimore kysyy, luotetaanko kouluissa näihin vahvuuksiin, vai pidetäänkö lapsia tabula rasoina, tyhjinä tauluina. Kysymystä voisi täsmentää käsillä olevaan aiheeseen liittyen: Luotammeko siihen, että oppilaat oppivat kemiaa tutkimuksia tehdessään? Oppilaiden kykyihin tulisi luottaa ja heidät tulisi valtauttaa oman oppimisensa subjekteiksi. Lefrancois (1994) määrittelee valtauttamisen sisäisen motivaation ja oman potentiaalin kehittämiseen johtavaksi ohjaukseksi ja tilaisuuksien sekä taitojen tarjoamiseksi itsenäisten kognitiivisten kykyjen ja älyllisten prosessien kehittämiseen. Oppilaiden toivotaan pikemminkin ymmärtävän kuin oppivan irrallisia faktoja.

Hakkarainen ym. (1999) toteavat, että oppilailla on kouluun tullessaan oppimistapahtuman laatuun ja tulokseen vaikuttavia intuitiivisia ennakkokäsityksiä, jotka tietorakenteen osina vaikuttavat siihen, millaisiin asioihin kiinnitetään huomiota ja kuinka ympäröivää todellisuutta havainnoidaan ja ymmärretään. Nämä käsitykset ovat vaikeasti muutettavissa ja ne vaikuttavat vielä korkeakouluopintoihinkin. Jos käsitykset ovat vääriä, niiden oikaisemiseksi ei riitä vain niiden kanssa ristiriidassa oleva uusi tieto. Omien, kiistämättömien havaintojen ja toistettavien tutkimusten avulla saatava tieto on parempi vaihtoehto kuin kirjasta luettu, ehkä vaikeasti ymmärrettäväkin teksti.

Luokassa opiskelevat oppilaat edustavat erilaisia oppimistyyplejä ja temperamenttityyppejä, eikä paikallaan istuminen ja oppikirjan huiman käsitteellisten tekstien lukeminen palvele kaikkien oppimista, jos kenenkään. Kokeellinen työskentely puolestaan antaa oppilaille mahdollisuuden monipuoliseen oppimiseen ja kehittää kaikkia luonnontieteeseen liittyviä taitoja.

2. Oppikirjojen tekstit

Jo alakoulussa opitaan keskeisiä käsitteitä, joiden ymmärtäminen luo pohjan uusien asioiden oppimiselle ja ymmärtämiselle. Jokainen oppikirja on varmasti tehty tämä huomioiden, suurella huolella ja ammattitaidolla, yhteistyössä, keskustellen ja moneen kertaan tarkistaen. Oppikirjoilta vaaditaan selkeyttä ja keskittymistä opetussuunnitelman perusteissa mainittuihin asioihin – ja mahdollisimman lyhyin tekstein ja hyvin kuvin. Mahdollisimman lyhyiden tekstien dilemma kuitenkin on, että lyhyytensä aiheuttamasta helppolukuisuudesta huolimatta ne eivät ole useinkaan helppoja ymmärtää. Täyteen käsitteitä pakattu teksti ilman tarpeeksi monipuolisia ja valaisevia esimerkkejä ei aukea kaikille oppilaille.

Onnistuneimmatkaan oppikirjat, havainnollisimmatkaan kuvat ja tekstit eivät voi korvata oppilaan omaa toimintaa ja suoria havaintoja tutkittavasta ilmiöstä, monen aistikanavan avulla ja kautta syntyvää tietoa. Jos kemian kirjassa on paljon läpikäytävää tekstiä, kirjaan sisällytetyille tutkimuksille ei juuri jää aikaa. Ikävä kyllä asia koetaan yleensä näin päin, vaikka teksti voisi hyvin jäädä vähemmälle käsittelylle, kun oppilaat saavat itse keksiä ja todentaa ilmiöt kokeellisen työskentelyn avulla. Tarkastelkaamme eri kustantajien kirjoista tasapuolisesti poimittuja veteen liittyviä tekstejä, jotka voi kokeellisesti todentaa hyvin helposti, nopeasti ja arkisin tarvikkein:

"Veden tilavuus kasvaa noin kymmenesosan, kun vesi jäätyy." Tämän tekstin ymmärtäminen vaatii oppilaalta paljon erilaista tietoa ja kykyä kuvitella tilanne mielessään, mikä ei kaikilta oppilailta onnistu. Saman asian ilmentäisi havainnollisesti ja mieleenpainuvammin yksinkertainen koe, jossa muovipulloon lasketun veden pinta merkitään mahdollisesti itse suunniteltuun, pullon kylkeen merkittyyn asteikkoon. Veden jäädyttyä pakastimessa tai talvella koulun pihalla veden tilavuutta havainnoidaan uudelleen. Uskon kokeellisen menetelmän avulla havaitun ja opitun ilmiön jäävän mieleen paremmin kuin lyhyeksi kirjoitetun, käsitteellisen tekstiversion.

"Näemme vedestä poistuvan kaasun astian sisäpinnalle muodostuneina kuplina." Omiin havaintoihin ja todella helppoon kokeellisuuteen turvautuen tämä asia opitaan laskemalla lasiin vettä ja jättämällä se luokkaan odottamaan. Kuplat voi havaita seuraavana aamuna ja vettä maistamalla voi todeta siitä todella puuttuvan jotain.

"Vedellä on suuri pintajännitys. Se saa veden pinnan toimimaan ikään kuin kalvona." Tuttuakin tutumpia ja helppoakin helpompia tapoja havainnollistaa tämä tekstiin pakattu tieto on ohuen neulan laskeminen tai jonkin sopivan jauheen, vaikkapa kanelin, ripotteleminen astiassa olevan puhtaan veden pinnalle. Neula ei uppoa, eikä jauhe kastu.

3. Monella tapaa hyödyllinen ja monella tapaa toteutettava kokeellisuus

Kokeellinen työskentely auttaa opettajaa arvioimaan oppilaita. Se avaa uusia näkymiä oppilaiden osaamiseen, kun nämä pääsevät näyttämään erilaisia puolia itsestään, toiminnastaan ja ajattelustaan. Toiminnallinen ja kokeellinen työskentely voi olla joillekin oppilaille ainoa tilanne, jossa hän pääsee näyttämään osaavansa ja kokemaan itsetuntoa rakentavaa oppimisen iloa. Mitä heterogeenisempi ryhmä, sitä enemmän monipuolisia työmuotoja tarvitaan.

Kokeellisia tutkimuksia voidaan suorittaa monella tavalla, kuhunkin tilaan, tilanteeseen ja oppisisältöön sopivasti: yksilöllisesti, ryhmätöinä, pysäkkityöskentelynä, viikkourakkana, kotitehtävinä. Demonstraatioitakaan ei tule väheksyä, sillä opettajan tai oppilaiden suorittamina ne ovat kokeellisuutta luokassa, ja niiden seuraaminen aktivoi jokaisen oppilaan aivoissa peilisolut, samat solut, jotka toimisivat, jos kukin tekisi koetta itse (kts. Rizzolatti & Craighero, 2004). Peilisolujen oletetaan liittyvän myös kielen syntyyn, joten voinee rohkeasti otaksua demonstraatioiden seuraamisen helpottavan käsitteiden omaksumista ja ymmärtämistä.

Pääasia on, että kokeellisuus, missä muodossa se toteutetaankin, on tavoitteellista ja se liitetään tarkkojen havaintojen tekoon, pohdintaan ja raportointiin. Mitään temppuilua ja pakkopullaa kokeellisuuden ei tule olla. Parhaimmillaan - ja useimmiten - kokeellisuus saa oppilaat innostumaan, hämmästyttämään ja tarvitsemaan omaehtoisesti lisää tietoa. Jos näin tapahtuu, oppilaat on valtautettu oman oppimisensa ja luonnontieteellisen tiedon suhteen.

Lähteet

Bruner, J. (1966). *Toward a Theory of Instruction*. Cambridge, MA, Harvard University Press.

Hakkarainen, K., Lonka, K., & Lipponen, L. (1999). *Tutkiva oppiminen - Älykkään toiminnan rajat ja niiden ylittäminen*. Helsinki, WSOY.

Lefrancois, G. R. (1994). *Psychology for Teaching*. Belmont CA., Wadsworth Publishing Company.

Meisalo, V., & Lavonen, J. (1994). *Fysiikka ja kemia opetussuunnitelmassa*. Helsinki, Opetushallitus, Valtion painatuskeskus.

Mortimore, P. (1999). *The road to improvement: reflections on school effectiveness*. Lisse, Swets & Zeitlinger.

Opetushallitus. (2004). *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet*. Helsinki, Opetushallitus, Valtion painatuskeskus.

Rizzolatti, G., & Craighero, L. (2004). The mirror-neuron system. *Annual Review of Neuroscience*, 27, 169-192.

Alkuaineiden jaksollisen järjestelmän oppimista tukevien oppimispelien kehittäminen ja testaaminen osana kehittämistutkimusta

Maiju Tuomisto¹ & Maija Aksela²

¹Nöykkiön koulu, Espoo

²Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto

Nykykäsityksen mukaan merkityksellistä oppimista voi tapahtua vain, jos oppilas itse pääsee prosessoimaan opittavaa asiaa aktiivisesti. Oppimispelit ovat yksi opetusmenetelmä, jonka avulla oppilas voi osallistua omaan oppimiseensa ja ikään kuin itse keksii opittavan asian erilaisten vihjeiden ja kannustusten avulla.

Uusien oppimispelien vaikutusta oppilaan oppimiseen voidaan tutkia kehittämistutkimuksen avulla. Kehittämistutkimus (eng. *design-based research*) on tutkimusmenetelmä, joka on kehitetty erityisesti opetuksen ja oppimisen tutkimuksen tarpeisiin.

Tämä artikkeli käsittelee kahden alkuaineiden jaksollisen järjestelmän oppimista tukevan oppimispelin kehittämistä osana kehittämistutkimusta, oppimispelien ensimmäisten versioiden testaamista opettajilla ja opettajaopiskelijoilla sekä toisten versioiden kehittämistä testaajilta saadun palautteen perusteella.

1. Kehittämistutkimus alkuaineiden jaksollisen järjestelmän oppimista tukevista oppimispeleistä

Koulun - ja samalla opettajan - tehtävänä on auttaa oppilasta oppimaan mahdollisimman hyvin. Mahdollisimman hyvin oppiminen tarkoittaa merkityksellistä oppimista (eng. *deeper conceptual understanding, deep learning*), jolloin oppilas ymmärtää asioita ja niiden välisiä yhteyksiä ulkoa opettelun sijaan. Lisäksi oppilas on motivoitunut oppimaan lisää. Ei riitä, että opettaja opettaa ja ohjaa oppilasta paremmin, vaan oppilaan on itse aktiivisesti osallistuttava omaan oppimiseensa. (Lujan & DiCarlo, 2006; Sawyer, 2006)

Merkityksellistä oppimista voi tapahtua ainakin silloin, jos oppilas pääsee prosessoimaan opittavaa asiaa aktiivisesti, vertailemaan omia tietojaan muiden tietoihin ja jo olemassa olevaan tietorakenteeseensa esimerkiksi keskustelemalla tai tekemällä jonkin kirjallisen tai visuaalisen tuotoksen, jonka jälkeen oppilas vielä arvioi omaa oppimistaan. Kun oppilaalle annetaan tällaiseen oppimiseen juuri sopivasti vihjeitä, kannustusta ja tukea, hän löytää ja tajuaa omatoimisesti opittavan asiakokonaisuuden yksityiskohtien yhteydet toisiinsa (eng. *scaffolding*). (Lujan & DiCarlo, 2006; Sawyer, 2006)

On todettu, että merkityksellistä oppimista tapahtuu todennäköisimmin monimutkaisissa sosiaalisissa ja teknologisissa ympäristöissä, kuten esimerkiksi koululuokissa. Miten pystyttäisiin kehittämään mahdollisimman hyvä oppimisympäristö? Jos pystytään tutkimaan tiettyä oppimisympäristöä sekä tässä oppimisympäristössä tapahtuvaa opetusta ja oppimista riittävän tarkasti, voidaan saatujen tulosten perusteella kehittää entistä parempia oppimisympäristöjä, opetusmenetelmiä ja -välineitä (Sawyer, 2006).

Kehittämistutkimus on uusi, 1990-luvulla kehitetty tutkimusmenetelmä opetuksen ja oppimisen tutkimuksen tarpeisiin (Hoadley, 2004; Sawyer, 2006).

1.1 Kehittämistutkimuksen metodologia ja keskeiset käsitteet

Kehittämistutkimus (eng. *design-based research, DBR*) on tutkimusmenetelmä, jota voidaan käyttää oppimisen tutkimiseen oppimisympäristöissä, jotka tutkija suunnittelee ja joita hän muuttaa järjestelmällisesti. Kehittämistutkimuksen tavoitteena on tutkia tarkasti yhtä, yleensä mahdollisimman luonnollista ja todellista oppimisympäristöä. (Barab, 2006) Todellisen oppimisympäristönä voi toimia esimerkiksi perusopetuksen kemian ryhmä tai kaksi rinnakkaisryhmää, joiden opetus etenee samaa tahtia.

Sama tutkimus toistetaan useita kertoja ja pyritään ymmärtämään, miten oppimisympäristöön tehty systemaattinen muutos vaikuttaa oppimiseen. Tehdyn kehittämistutkimuksen pohjalta voidaan parhaimmillaan luoda uusia oppimiseen liittyviä teorioita, oppimisvälineitä tai -menetelmiä, joita voidaan ottaa yleisesti käyttöön muissa kouluissa ja opetusryhmissä. Kehittämistutkimuksen avulla voidaan löytää ja kehittää ratkaisu todellisessa oppimisympäristössä olevaan yksittäiseen ongelmaan. (Barab, 2006)

Kehittämistutkimuksen päävaiheet ovat (esim. Aksela, 2005):

- I Tarveanalyysi ja tavoitteiden asettelu (eng. *design solution*)
- II Materiaalin tuottaminen (eng. *design process*)
- III Materiaalin arviointi (eng. *domain knowledge*).

1.2 Alkuaineiden jaksollisen järjestelmän oppimista tukevien oppimispelien kehittämistutkimus

Tämän tutkimuksen päätutkimusongelmia ovat:

1. Minkälaisia haasteita on alkuaineiden jaksollisen järjestelmän oppimisessa?
2. Millainen oppimispeli tukee jaksollisen järjestelmän ja samalla kemian peruskäsitteiden oppimista?
3. Miten tutkimuksessa kehitetyt oppimispelit tukevat alkuaineiden jaksollisen järjestelmän käyttötaidon kehittymistä?
 - 3.1. Minkä jaksolliseen järjestelmään liittyvän tiedon oppimista tutkimuksessa käytettävät oppimispelit erityisesti kehittivät?
 - 3.2. Millaisia jaksolliseen järjestelmään liittyviä ajatus- ja selitysrakenteita tutkimuksessa käytettävät oppimispelit oppilailla kehittivät ja vahvistivat?

Tämän kehittämistutkimuksen tarveanalyysi (I vaihe) tehtiin alkuaineiden jaksollisen järjestelmän ja siihen liittyvien käsitteiden oppimista koskevan tutkimuksen tulosten perusteella (Tuomisto, 2005). Tutkimuksen tuloksista ilmeni, että perusopetuksen 8. luokan oppilailla on puutteita jaksollisen järjestelmän sisällön ymmärtämisessä ja käyttötaidossa.

Tarveanalyysin pohjalta asetettiin tutkimuksen päätavoitteet (I vaihe). Tämän kehittämistutkimuksen tavoitteena on:

- 1) Kehittää ja testata oppimispelejä alkuaineiden jaksollisen järjestelmän opetukseen ja oppimiseen
- 2) Tutkia, onko kehitetyillä oppimispeleillä vaikutusta jaksollisen järjestelmän sisältämän tiedon omaksumiseen ja käyttötaidon kehittymiseen.

Tarveanalyysin ja tavoitteiden asettelun jälkeen kehitettiin kaksi oppimispeliä: Jaksollisuusdomino ja Kerää kolmikko-korttipeli (II vaihe). Molemmissa peleissä on samankaltainen tietosisältö, joka pohjautuu tarveanalyysinä käytetyn tutkimuksen (Tuomisto, 2005) tuloksiin.

1.3 Tässä artikkelissa esiteltävät vaiheet kehittämistutkimuksesta

Tässä artikkelissa esitellään materiaalin arvioinnin (III vaihe) ensimmäinen vaihe eli kehitettyjen oppimispelien ensimmäisten versioiden testaaminen opettajilla ja opettajaopiskelijoilla. Kerrotaan myös, miten materiaalia kehitettiin testauksen jälkeen paremmaksi ja saatiin luotua toiset versiot molemmista oppimispeleistä (II vaihe).

Tässä tutkimusartikkelissa esitellään tutkimuksen vaiheet, joiden pohjalta haettiin vastausta yhteen päätutkimusongelmista: Millainen oppimispeli tukee jaksollisen järjestelmän ja samalla kemian peruskäsitteiden oppimista?

2. Tutkimuksessa käytettävien oppimispelien kehittäminen ja testaaminen

Oppimispelit ovat yksi opetusmenetelmä, jonka avulla oppilas voi osallistua aktiivisesti omaan oppimiseensa (Lujan & DiCarlo, 2006). Tässä kehittämistutkimuksessa kehitetään ja testataan kahta oppimispeliä, Jaksollisuusdominoa ja Kerää kolmikko-korttipeliä. Molemmissa peleissä oppilas pääsee rakentamaan pelin korteista omaa mallia alkuaineiden jaksollisesta järjestelmästä sekä prosessoimaan jaksollisen järjestelmän sisältämää – opittavaa tai jo oppimaansa – tietoa perustelemalla ääneen korttivalintojaan ja keskustelemalla niistä muiden pelaajien kanssa.

Molempien oppimispelien ensimmäiset versiot testattiin Kemian opetuksen päivillä Helsingissä 17.04.2009 pidetyssä oppimispelipajassa. Oppimispelipajaan osallistui yhteensä 22 kemian tutkijaa, opettajaa ja opettajaopiskelijaa eri puolilta Suomea. He pelasivat yhtä tai molempia oppimispelejä 2-4 pelaajan ryhmissä ja antoivat sitten henkilökohtaisen tai ryhmän yhteisen palautteen pelaamastaan pelistä palautelomakkeeseen.

Palautelomakkeessa pyydettiin palautetta säännöistä, korteista, pelin kestosta ja vaikeusasteesta sekä annettiin mahdollisuus yleiseen palautteeseen. Täytettyjä palautelomakkeita saatiin takaisin yhteensä 17 kappaletta.

Alkuperäisenä tarkoituksena oli, että jokainen pelaaja täyttää oman palautelomakkeen, johon hän kirjaa palautteen lisäksi myös taustatietoja itsestään (sukupuoli, ammatti (opettaja, opiskelija vai tutkija; perusopetus, lukio, ammatillinen vai yliopisto) ja oppilaitoksen sijainti). Näiden tietojen perusteella oli tarkoitus lisätä tutkimuksen

luotettavuutta siten, että testaajia on varmasti ollut eri puolilta Suomea ja eri oppilaitoksista. Toisaalta oli tarkoitus vertailla perusopetuksen ja lukion tai ammatillisen oppilaitoksen opettajien kommentteja keskenään. Tämä osoittautui kuitenkin mahdottomaksi, koska monet pelaajaryhmät olivat täyttäneet yhden yhteisen palautelomakkeen ja osa oli jättänyt taustatieto-osion lomakkeestaan tyhjäksi.

2.1 Jaksollisuusdominon kehittäminen ja ensimmäinen testaaminen

Jaksollisuusdomino on korttipeli. Mallina on käytetty klassista, yleisesti tunnettua dominopeliä, joka koostuu 28 palasta. Klassisessa dominossa jokaisessa palassa on kaksi pisteiden muodostamaa numeroa (0-6). Jaksollisuusdominossa on 28 korttia ja pelaajilla on käytössään pitkä jaksollinen järjestelmä.








Klassisessa dominossa paloja laitetaan pöydälle peräkkäin niin, että aina samat kuviot tulevat vastakkain. Jaksollisuusdominossa samansisältöiset vihjeet tulevat vastakkain. Pelaajilla on velvollisuus perustella jokainen siirtonsa muille pelaajille suullisesti. Perustelu on tärkeä osa peliä, koska perustelu saattaa saada aikaan keskustelua ja oppimista pelaajien kesken.

Jaksollisuusdominon ensimmäisen version peliohjeet on kerrottu yksityiskohtaisesti tästä kehittämistutkimuksesta aiemmin julkaistussa artikkelissa (Tuomisto & Aksela, 2007).

2.1.1 Jaksollisuusdominon korttien kehittäminen

Jaksollisuusdominon kortit on kehitetty klassisen dominopelin paloja mukaillen siten, että aina kaksi saman pääryhmän tai jakson alkuainetta vastaavat yhtä klassisen dominopelin numeroa (taulukko 1). Poikkeuksena on numero 6, jota vastaavilla alkuaineilla ei ole yhteistä jaksoa tai pääryhmää. Kaikki valitut alkuaineet kuuluvat jaksollisen järjestelmän pääryhmiin, koska perusopetuksessa (8 lk) opiskellaan pääasiassa niiden sisältämän tiedon käyttötaitoa. Alkuaineet on valittu myös sen perusteella, että ne ovat oppilaille nimeltään tuttuja arkielämästä tai aiemmista kemian opinnoista.

Taulukko 1. Jaksollisuusdominon alkuaineiden ja klassisen dominon numeroiden vastaavuus

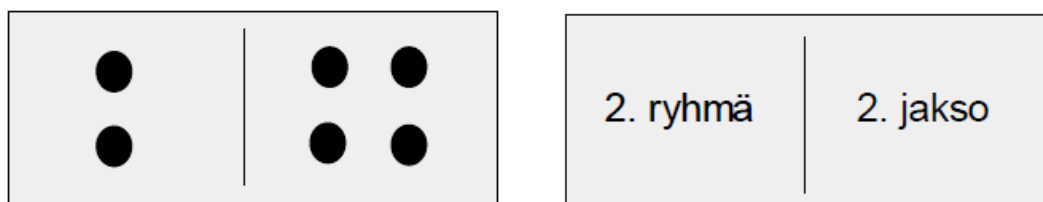
	Klassinen domino	Jaksollisuusdomino	Yhteistä
0		vety (H) litium (Li)	1. pääryhmä (1. ryhmä)
1		kalium (K) kalsium (Ca)	3. jakso
2		natrium (Na) magnesium (Mg)	2. jakso
3		fluori (F) kloori (Cl)	7. pääryhmä (17. ryhmä)
4		neon (Ne) hiili (C)	2. jakso
5		happi (O) rikki (S)	6. pääryhmä (16. ryhmä)
6		helium (He) alumiini (Al)	ei yhteistä ryhmää tai jaksoa

Jokainen numero toistuu klassisen dominon paloissa yhteensä kahdeksan kertaa. Siksi Jaksollisuusdominon kortteja varten kehitettiin yhtä numeroa vastaavista alkuaineista molemmista neljä vihjetä. Vihjeet ovat keskenään erilaisia, mikä poikkeaa klassisesta dominosta. Jokainen vihje sisältää tiedon alkuaineen nimestä, ominaisuudesta tai atomirakenteesta. Vastaavat tiedot on luettavissa myös alkuaineiden jaksollisesta järjestelmästä, jos sitä osaa käyttää.

Yhteen alkuaineeseen kehitettiin neljä vihjetä niin, että osa vihjeistä liittyy ainoastaan kyseiseen alkuaineeseen, osa on yleisempiä ja sopivat näin useampaan pelin alkuaineista (kuva 1). Laaditut vihjeet sijoitettiin kortteihin vastaaviksi pareiksi kuin parit ovat klassisessa dominossa (kuva 2).

3. jakson metalli	2. ryhmä	Mg	maa-alkalimetallit
----------------------	----------	----	--------------------

Kuva 1. Magnesiumiin (Mg) liittyvät vihjeet Jaksollisuusdominon korteissa



Kuva 2. Klassisen dominon 2-4-pala ja vastaava Jaksollisuusdominon kortti

2.1.2 Jaksollisuusdominon testaaminen perusopetuksen ja toisen asteen opettajilla

Jaksollisuusdominon ensimmäistä versiota Kemian opetuksen päivillä pelasi, ja palautetta antoi yhteensä 20 testaajaa. Pelin pelaika oli testaajilla yleisimmin 12-15 minuuttia ja sitä pidettiin sopivana. Myös 20-30 minuutin pelaika todettiin sopivan mittaiseksi. Vain yksi testaaja piti pelaikaa liian pitkänä, mutta aikaa ei ollut mainittu palautelomakkeessa. Pelin vaikeusastetta piti sopivana neljatoista ja melko vaikeana kaksi testaajista. Neljä ei ollut rastittanut lainkaan vaikeusastetta (liian helppo, sopiva, liian vaikea) palautelomakkeeseen.

Pelin kortteihin toivottiin jokeri-korttia, joka sopisi mihin tahansa vihjeeseen. Lisäksi toivottiin, että elektronit piirretään kortteihin selvästi ydintä pienemmiksi ja ulointa kuorta kuvaavat kortit, joihin ei ole merkitty ydintä, muokataan selkeämmiksi. Liian tarkat, vain yhteen alkuaineeseen sopivat vihjeet toivottiin poistettaviksi, koska ne jumittivat pelin tai pakottivat yhden pelaajan nostamaan melkein koko korttipakan itselleen. Myös kortteja toivottiin lisää peliin samasta syystä. Yhdessä palautelomakkeessa ehdotettiin Cl – 7 pääryhmä-kortin poistamista pelistä kokonaan.

Sääntöjen osalta testaajat toivoivat, että perustelun tärkeyttä pelissä korostettaisiin aiempaa selvemmin. Dominon pelaamisen sääntöjä ehdotettiin selitettäväksi lyhyesti esimerkiksi kuvan avulla. Kaksi testaajaa ehdotti, että pelin aikana joutuisi nostovuorollaan nostamaan vain yhden kortin, eikä niin montaa, että löytää pöydällä oleviin kortteihin sopivan kortin.

Pelin aikana käytössä olevaan alkuaineiden jaksolliseen järjestelmään ehdotettiin merkittäväksi jaksot ja ryhmät. Epäselväksi jäi, toivottiinko pääryhmien osalta myös niiden nimiä numeroiden lisäksi. Lisäksi toivottiin, että jokainen pelaaja saisi pelin ajaksi oman jaksollisen järjestelmän käyttöönsä.

2.1.3 Jaksollisuusdominon toisen version kehittäminen testaajien palautteiden perusteella

Testaajien antaman palautteen perusteella Jaksollisuusdominosta kehitettiin toinen versio. Tätä parannettua versiota tullaan käyttämään tutkittaessa perusopetuksen oppilaita (8 lk) kehittämistutkimuksen seuraavassa vaiheessa.

Testaajien palautteesta havaittiin sama, minkä Galus (2003) toteaa omassa tutkimuksessaan: Oppimispelin sääntöjen on oltava lyhyet ja yksiselitteiset. Jaksollisuusdominon sääntöjä muutettiin sekä lyhyemmiksi että selkeämmiksi ja niihin lisättiin yksi piirros helpottamaan pelin idean hahmottamista ja antamaan esimerkkejä yhteensopivista vihjeistä.

Jaksollisuusdominon kortteja muutettiin selkeämmiksi erityisesti ulkokuorta kuvaavien korttien ja elektronien koon osalta. Jokeri -korttia ei lisätty, koska se ei edistä eikä testaa pelin aihealueen oppimista. Cl-7. pääryhmä -korttia ei poistettu, mutta se muutettiin muotoon kloori-7. pääryhmä. Epäily siitä, että kortti jumittaisi pelin, on turha, koska kortti vastaa klassisen dominon 3-3-korttia. Korttiin on valittu vihjeet kahdesta eri

alkuaineesta eli kloorista (Cl) ja fluorista (F), joten kortin molempiin vihjeisiin sopivia vastakortteja on pelissä riittävästi.

Korttien lukumäärää ei lisätty, koska myös klassisessa dominossa on 28 korttia. Korttien ulkonäkö muutettiin niin, että vihjeet on luettavissa yhtä helposti pelipöydän molemmilta puolilta.

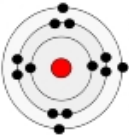
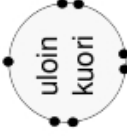
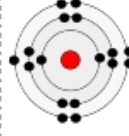
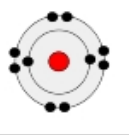
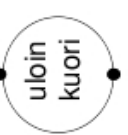
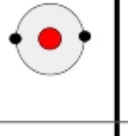
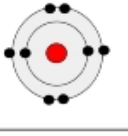
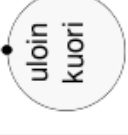
Liian tarkkoja vihjeitä muutettiin yleisimmiksi, ettei peli jumittuisi liian nopeasti. Sääntö korttien nostamisesta omalla vuorolla säilytettiin entisellään, koska vihjeiden muuttaminen yleisempään muotoon vähentää korttien nostomäärä ja -tarvetta. Yksi pelaaja ei enää joutune nostamaan pakkaa tyhjäksi omalla vuorollaan.

Alussa nostettavien korttien määrää pelaajaa kohden vähennettiin kolmeen, että jokainen pelaaja pystyy paremmin hahmottamaan omien korttinsa sisällön eikä pelistä tule liian pitkäkestoista. Jokainen pelaaja saa oman jaksollisen järjestelmän käyttöönsä pelin ajaksi.

2.1.4 Jaksollisuusdominon uudet kortit ja säännöt

Jaksollisuusdominon toisen version korttien vihjeet ovat ensimmäistä versiota yleisemmässä ja selkeämmässä muodossa (kuva 3). Kortit esitetään tässä artikkelissa pelkistetyssä muodossa, mutta haluttaessa niistä voidaan tehdä värikkäät sekä kuva- että taustapuolelta. Lisäksi ne voidaan laminoida käyttöiän pidentämiseksi. Pelin alkuainekohtaisia vihjeitä voi muuttaa ja pelin voi laajentaa koskemaan myös ioni- ja molekyyliyhdisteitä, koska niiden muodostumisperiaatteet on nähtävissä alkuaineiden jaksollisesta järjestelmästä pääryhmien osalta.

Jaksollisuusdominon toisen version säännöt (taulukko 2) ovat selkeämmät ja lyhyemmät kuin ensimmäisessä versiossa. Sääntöihin on lisätty myös pelin pääperiaatetta kuvaava piirros.

alkali- metalli		2. ryhmä	natrium	neljä elektroni- kuorta	3. jakso	H
7. pääryhmä	jalo- kaasut	2. jakso	pariton määrä elektroneja	kalsium		kolme elektroni- kuorta
maa- alkali- metalli	F	protoni- lukumäärä alle 10	epämetalli, mutta ei jalokaasu	Ne	Mg	Li
hyvin reaktiivinen metalli	parillinen järjestys- luku	1. tai 2. jakson epämetalli	kaksi elektroni- kuorta	1. jakso		kaksi ulko- elektronia
ulko- kuorella elektroni- oktetti		happi	riikki	protonieja yli 10 ja pariton määrä	alumiini	He
	4. jakso				halogeeni	saman- kaltaisia ominaisuuksia kuin natriumilla
Ca	2. jakso	kloori	ulko- kuoren elektroni- oktetista puuttuu 2 elektronia	metalli ja pariton määrä protonieja	3. pääryhmä	hiili
erittäin kiivaasti reagoiva epämetalli	4. pääryhmä tai 4. jakso	7. pääryhmä	kaliump	1. ryhmä	Na	17 ryhmä
	samankaltaisia ominaisuuksia kuin seleenillä (Se)					

Kuva 3. Jaksollisuusdominon uudet kortit (28 kpl)

Taulukko 2. Jaksollisuusdominon uudet säännöt

JAKSOLLISUUSDOMINO

PELIN OSAT

28 dominokorttia ja 4 alkuaineiden jaksollista järjestelmää

PELAAJIEN MÄÄRÄ

2-4 pelaajaa tai pelaajaparia

PELIN TARKOITUS LYHYESTI

Jaksollisuusdominossa on tarkoitus sijoittaa omia kortteja omalla vuorolla pöydällä olevan jonon jatkeeksi ja päästä eroon omista korteista ensimmäisenä. Jokainen oman kortin sijoittaminen pöydälle on perusteltava muille pelaajille selkeällä äänellä.

ENNEN PELIN ALKUA

- Dominokortit sekoitetaan jokaiselle pelaajalle jaetaan 3 korttia.
- Pelaajat asettavat omat korttinsa eteensä pöydälle kuvapuoli ylöspäin.
- Loput kortit pannaan pöydälle pakaksi taustapuoli ylöspäin.

ALOITUS

- Pöydällä olevasta korttipakasta nostetaan päällimmäinen kortti kuvapuoli ylöspäin pöydälle aloituskortiksi.
- Jakajan vasemmalla puolella oleva pelaaja aloittaa ja pelivuoro kiertää myötäpäivään.

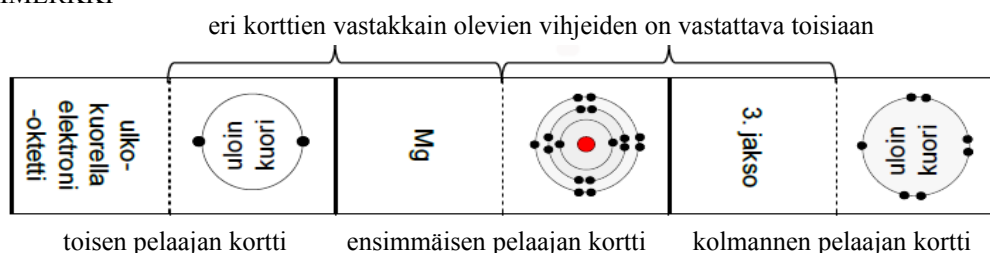
PELIN KULKU

- Ensimmäinen pelaaja valitsee yhden omista dominokorteistaan ja asettaa sen pelipöydälle.
- Seuraava pelaaja asettaa dominokorttinsa aloituskortin jatkoksi niin, että toisiinsa liittyvät tiedot ovat vastakkain ja perustelee korttivalintansa muille selkeällä äänellä. Jaksollista järjestelmää saa käyttää apuna.
 - Jos perustelu on oikein, kortti jää pöytään ja vuoro siirtyy seuraavalle pelaajalle.
 - Jos perustelu on väärä, joutuu pelaaja ottamaan korttinsa pois ja vuoro siirtyy seuraavalle pelaajalle. Pakasta ei tarvitse nostaa uutta korttia.
 - Jos pelaajan yksikään kortti ei sovi pöydällä olevan dominokorttijonon kumpaakaan päähän, vuorossa oleva pelaaja nostaa kortteja pakasta, kunnes sopiva löytyy. Pelaaja asettaa sen pelipöydälle ja perustelee korttivalintansa muille.
 - Jos pakan kortit ovat loppu, eikä pelaajalla ole sopivaa korttia, vuoro siirtyy saman tien seuraavalle pelaajalle.

PELIN PÄÄTTYMINEN JA VOITTAJA

- Peliä jatketaan, kunnes
 - joltain pelaajalta loppuvat omat kortit ja hän voittaa pelin.
 - kukaan pelaaja ei enää saa laitettua mitään korttia pöytään. Pelaaja, jolla on vähiten omia kortteja voittaa pelin.

ESIMERKKI



2.2 Kerää kolmikko-korttipelin kehittäminen ja ensimmäinen testaaminen

Kerää kolmikko on korttipeli, jonka perustana ovat Mustapekka, Hullunkuriset perheet ja muut vastaavat korttipelit. Niissä pelaajat keräävät käteensä pareja tai nelikkoja, jotka kuuluvat samaan perheeseen. Perinteisessä Mustapekka-pelissä on 49 korttia.

Kerää kolmikko- korttipelissä ensimmäisessä versiossa on yhteensä 40 korttia. Niistä kerätään pelipöydälle kolmikkoja, joissa korttien vihjeet sopivat keskenään yhteen. Vihjeet liittyvät kaikki atomin rakenteeseen ja alkuaineiden jaksolliseen järjestelmään. Pelaajan on perusteltava kolmikkoon laittamansa kortti muille pelaajille, kuten Jaksollisuusdominossa. Pelissä pelaajilla on käytössä alkuaineiden jaksollinen järjestelmä.

Kerää kolmikko-korttipelin ensimmäisen version peliohjeet on kerrottu yksityiskohtaisesti tästä kehittämistutkimuksesta aiemmin julkaistussa artikkelissa (Tuomisto & Aksela, 2007).

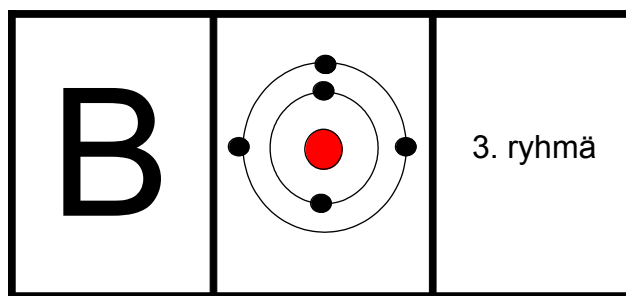
2.2.1 Kerää kolmikko-korttipelin korttien kehittäminen

Kerää kolmikko-korttipelin ensimmäistä versiota varten valittiin 12 alkuainetta jaksollisen järjestelmän pääryhmistä ja kaksi sivuryhmistä (taulukko 3). Jokaisesta tehtiin kolme vihjekorttia siten, että eri alkuaineiden vihjeet sopivat osittain myös toisille alkuaineille. Näin pelissä muodostuvien kolmikkojen ei tarvitse olla samat kuin peliä varten alun perin laaditut kolmikot. Kalsiumista ja kuparista tehtiin vain yksi yhteinen kolmikko. Lisäksi keksittiin yksi ylimääräinen vihjekortti, joka korvaa yhden kloorikolmikot alkuperäisistä korteista.

Taulukko 3. Kerää kolmikko-korttipeliin valitut alkuaineet

Ryhmä	Ensimmäinen versio	Toinen versio
1. pääryhmä	litium (Li), natrium (Na)	litium (Li), natrium (Na)
2. pääryhmä	magnesium (Mg), kalsium (Ca)	magnesium (Mg), kalsium (Ca)
3. pääryhmä	boori (B), alumiini (Al)	boori (B), alumiini (Al)
4. pääryhmä	hiili (C)	hiili (C), pii (Si)
5. pääryhmä	fosfori (P)	typpi (N), fosfori (P)
6. pääryhmä	happi (O)	happi (O), rikki (S)
7. pääryhmä	kloori (Cl)	kloori (Cl), jodi (I)
8. pääryhmä	helium (He), krypton (Kr)	helium (He), argon (Ar)
sivuryhmät	rauta (Fe), kupari (Cu)	---

Korteissa olevat vihjeet alkuaineista laadittiin samankaltaisiksi kuin Jaksollisuusdominon korteissa. Korteissa on vihjeinä vaihtelevasti seuraavia: alkuaineen kemiallinen merkki, hiukkasten lukumäärä, elektronirakenne, uloin elektronikuori, sijainti jaksollisessa järjestelmässä (jakso, pääryhmä, ryhmä), metallisuus ja ionin varaus. Kuvassa 4 on esitelty boorille (B) kehitetty korttikolmikko.



Kuva 4. Boorin korttikolmikko Kerää kolmikko-korttipelin ensimmäisessä versiossa.

2.2.2 Kerää kolmikon testaaminen perusopetuksen ja toisen asteen opettajilla

Kerää kolmikko-korttipelin ensimmäistä versiota testattiin Kemian opetuksen päivillä samassa työpajassa kuin Jaksollisuusdominoa. Peliä pelasi ja siitä antoi palautetta yhteensä 16 testaajaa.

Pelin kestosta saatiin ristiriitaista palautetta. Viisi testaajaa piti 20-30 minuutin peliä sopivana, toiset kuusi taas liian pitkänä, ja osalta heistä peli jäi kesken testiajan loppuessa. Neljällä muulla testaajalla peli kesti vain 17 minuuttia. Yksi testaaja ei antanut tästä osasta palautetta. Yhdeksän testaajista piti peliä liian vaikeana ja haasteellisena perusopetukseen, mutta aivan sopivana lukioon. Kuusi testaajista piti peliä sopivana perusopetukseen ja yksi ei antanut tästä osasta palautetta.

Enemmistö testaajista piti pelin sääntöjä liian vaikeina perusopetukseen. Niihin toivottiin enemmän selkeyttä ja tarkkuutta erityisesti pelin aloituksen ja kolmikon keräämisperiaatteen osalta: Millaisia kolmikkoja voi kerätä? Todettiin myös, että kolmikon keräysperiaatteiden on oltava riittävän tiukat. Testaajat antoivat monia sääntöjenmuutos- ja lisäsovellusehdotuksia sekä ehdottivat konkreettisia lauseita lisättäväksi sääntöihin: Sekoita pakka; Ja vuoro siirtyy seuraavalle; Kun on saanut kolmikon valmiiksi ja nostaa sen, sama pelaaja saa aloittaa heti uuden kolmikon pöydälle.

Korttien sisältöä ei kommentoitu muutoin kuin niihin päässeeseen virheen osalta. Hapen (O) alkuperäisessä kolmikossa yksi vihjeistä olikin rikistä (S). Korttien määrään toivottiin vähennystä, jos pelaajia on vain kaksi.

Pelin ideaa pidettiin hyvänä. Todettiin myös, että peli vaatii paljon keskittymistä ja siinä on liikaa tuurielementtejä. Peliin liittyvästä selitysvolvollisuudesta oltiin kahta mieltä. Niitä pidettiin sekä mukavina että luokan nokkimisjärjestystä vahvistavina, koska selittäminen sujuu toisilta oppilailta luontaisesti paremmin. Vastaavia kommentteja ei ilmennyt Jaksollisuusdominon palautteessa, vaikka siihenkin sisältyy pelaajien selitysvolvollisuus korttia pöytään laitettaessa.

2.2.3 Kerää kolmikilon toisen version kehittäminen testaajien palautteiden perusteella

Testaajien palautteen perusteella kehitettiin Kerää kolmikko-korttipelin toinen versio. Pelin vaikeusastetta helpotettiin ja pelaikaa pyrittiin lyhentämään jonkin verran. Peliä pyrittiin muokkaamaan perusopetuksen oppilaita varten helpommaksi ja mielekkäämmäksi kuin ensimmäinen testattu versio oli. Alkuaineet valittiin peliin uudestaan niin, että jokaisesta pääryhmästä on kaksi alkuainetta eikä sivuryhmien alkuaineita ole lainkaan mukana (taulukko 3), koska perusopetuksessa on tarkoitus oppia hahmottamaan jaksollisesta järjestelmästä nimenomaan pääryhmiin sisältyvä tieto. Jokaisesta peliin valitusta alkuaineesta tehtiin kortti, jossa on joko alkuaineen nimi tai kemiallinen merkki ja lisäksi kaksi muuta korttia. Pelin toisessa versiossa on suurempi mahdollisuus luoda kolmikoita yli alkuainerajojen ja alkuperäisten kolmikoiden. Ehkä oppilaat tällä tavalla myös oivaltavat itse paremmin alkuaineiden erilaisia yhteyksiä, jotka ovat luettavissa alkuaineiden jaksollisesta järjestelmästä, ja oppimispeli täyttää tehtävänsä.

Kuten Jaksollisuusdominon, myös Kerää kolmikko-korttipelin sääntöjä muokattiin selkeämmiksi. Erityisesti keskityttiin siihen, että kolmikoiden keräämisen periaatteet tulisivat kaikille pelaajille selviksi jo ohjeiden lukuvaiheessa. Myös testaajien antamat lisäysehdotukset sääntöihin huomioitiin. Pelin alussa pelaajille jaettavien korttien määrä pidettiin samana kuin ensimmäisessä versiossa muutostoiveesta huolimatta. Jos korttien määrää vähennettäisiin, jäisi pelaajan valinnanvapaus kädessä olevien korttien osalta liian olemattomaksi.


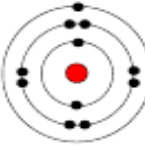


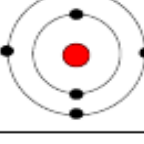

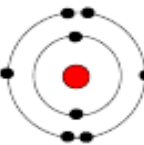

Pelin pelaamisperiaatetta muutettiin ensimmäisestä versiosta sellaiseksi, että uuden kolmikilon pöydälle voi aloittaa vain kortilla, jossa on alkuaineen nimi tai kemiallinen merkki. Tämä muutos helpottaa pelin hahmottamista ja samalla tiukentaa kolmikoiden keräysperiaatetta, mitä ensimmäisen version testaajat toivoivat.

Selitysvolvollisuus säilytettiin pelissä, koska se on lähes tärkein osa tätä oppimispeliä. Juuri tiedon aktiivinen prosessointi – näissä oppimispeleissä kortin valinta ja selitysvolvollisuus – saa aikaan oppimista ulkoa opetteluun sijaan (Lujan & DiCarlo, 2006). Selittämistä ja korttien valintaa helpottamaan jokaiselle pelaajalle annetaan pelin alussa käyttöön oma jaksollinen järjestelmä.

2.2.4 Kerää kolmikko-korttipelin uudet kortit ja säännöt

Kerää kolmikko-korttipelin toisessa versiossa on yhteensä 48 korttia ($2 \times 8 \times 3 = 48$) eli saman verran kuin Mustapekka-korttipelissä on perhekortteja. Jokaisesta pelin alkuaineesta on kortti, jossa on joko alkuaineen nimi tai kemiallinen kortti.

Kerää kolmikko-korttipelin toisen version säännöt ovat ensimmäistä versiota yksityiskohtaisemmat ja kolmikoiden keräämisperiaatteen osalta tiukemmat. Kerää kolmikko-korttipelin uudet kortit ja säännöt on esitelty kuvassa 5 ja taulukossa 4.

Li	 uloin elektroni- kuori	2. jakso	natrrium	kiivaasti reagoiva metalli	
Mg	bariumin (Ba) kanssa saman- kaltainen alkuaine	2. ryhmä	Ca	 uloin elektroni- kuori	4. jakso tai 5. jakso
B	3. pääryhmä	toinen elektroni- kuori on vajaa	alumiini	 uloin elektroni- kuori	3. jakson metalli
hiili	4. pääryhmä		Si	puoli- metalli	kolme elektroni- kuorta
typpi	5. pääryhmä	kaksi elektroni- kuorta	P	atomissa pariton määrä elektroneja	 uloin elektroni- kuori
happi	2. jakson epämetalli		S	reagoi samalla tavoin kuin seleeni (Se)	atomissa pariton määrä elektroneja
F	7. pääryhmä	järjestys- luku alle 10	jodi	hyvin reaktiivinen epämetalli	 uloin elektroni- kuori
helium	1. jakso	8. pääryhmä	Ar	elektroni- oktetti uloimmalla kuorella	yhtä monta elektroni- kuorta kuin kloori- atomissa (Cl)

Kuva 5. Kerää kolmikko-korttipelin uudet kortit (48 kpl)

Taulukko 4. Kerää kolmikko-korttipelin uudet säännöt

KERÄÄ KOLMIKKO – KORTTIPELI

PELIN OSAT

48 korttia ja 4 alkuaineiden jaksollista järjestelmää

PELAAJIEN MÄÄRÄ

2-4 pelaajaa tai pelaajaparia

PELIN TARKOITUS LYHYESTI

Kerää kolmikko-korttipelissä on tarkoitus sijoittaa omia kortteja pöydälle omalla vuorolla niin, että saa kerättyä itselleen mahdollisimman monta kolmikkoa eli kolmen kortin ryhmää. Voittaja on se, joka kerää eniten kolmikkoja. Jokainen oman kortin sijoittaminen pöydälle on perusteltava muille pelaajille selkeällä äänellä.

ENNEN PELIN ALKUA

- Kortit sekoitetaan ja jokaiselle pelaajalle jaetaan 3 korttia.
- Pelaajat ottavat omat kortit käteensä niin, että muut pelaajat eivät näe niitä.
- Loput kortit pannaan pöydälle pakaksi taustapuoli ylöspäin.

ALOITUS

- Jakajan vasemmalla puolella oleva pelaaja aloittaa ja pelivuoro kiertää myötäpäivään
- **Ensimmäinen pelaaja** valitsee kädessään olevista korteista sellaisen, jossa on alkuaineen nimi tai kemiallinen merkki ja asettaa sen pöydälle oikeinpäin. Tämä kortti on yksi kolmen kortin ryhmästä eli kolmikosta ja nostaa käteensä pakasta uuden kortin.

PELIN KULKU

- **Seuraavat pelaajat** asettavat vuorollaan kädestään yhden kortin pöydälle oikeinpäin.

Kortin voi asettaa:

ensimmäiseksi kortiksi uuteen kolmikkoon, jos kortissa on alkuaineen nimi tai kemiallinen merkki. Pelaaja nostaa käteensä pakasta uuden kortin ja vuoro siirtyy seuraavalle pelaajalle.

→ **Jos pelaajan kädessä olevista korteista yksikään kortti ei sovi pöydälle**, pelaaja nostaa pakasta neljännen kortin käteensä ja vuoro siirtyy seuraavalle pelaajalle

toiseksi kortiksi jo aloitettuun kolmikkoon. Kortti voi olla periaatteessa mikä tahansa pelin korteista. Pelaajan pitää **perustella** muille pelaajille selkeällä äänellä, miksi kortti sopii pöydällä olevan kortin kanssa samaan kolmikkoon toiseksi kortiksi. Jaksollista järjestelmää saa käyttää apuna.

→ **Jos perustelu on oikein**, kortti jää kolmikkoon, pelaaja nostaa käteensä pakasta uuden kortin ja vuoro siirtyy seuraavalle pelaajalle.

→ **Jos perustelu on väärin**, joutuu pelaaja ottamaan kortin takaisin käteensä ja vuoro siirtyy seuraavalle pelaajalle. Pakasta ei tarvitse nostaa uutta korttia.

→ **Jos pelaajan kädessä olevista korteista yksikään kortti ei sovi pöydälle**, pelaaja nostaa pakasta neljännen kortin käteensä ja vuoro siirtyy seuraavalle pelaajalle

kolmanneksi kortiksi jo aloitettuun kolmikkoon. Kortti voi olla periaatteessa mikä tahansa pelin korteista. Pelaajan pitää **perustella** muille pelaajille selkeällä äänellä, miksi kortti sopii pöydällä olevan kortin kanssa samaan kolmikkoon kolmanneksi kortiksi. Kolmikon kaikilla kolmella kortilla tulee olla yhteys keskenään. Jaksollista järjestelmää saa käyttää apuna.

→ **Jos perustelu on oikein**, pelaaja nostaa pöydälle muodostuneen kolmikon sivuun itselleen myöhempää pistelaskua varten (**1 kolmikko = 1 piste**). Sitten hän saa vielä asettaa kädestään toisen kortin pöydälle, jos se on mahdollista. Lopuksi hän nostaa pakasta kaksi korttia ja vuoro siirtyy seuraavalle pelaajalle.

→ **Jos perustelu on väärin**, joutuu pelaaja ottamaan kortin takaisin käteensä ja vuoro siirtyy

seuraavalle pelaajalle. Pakasta ei tarvitse nostaa uutta korttia.

→ **Jos pelaajan kädessä olevista korteista yksikään kortti ei sovi pöydälle**, pelaaja nostaa pakasta neljännen kortin käteensä ja vuoro siirtyy seuraavalle pelaajalle

TÄRKEÄÄ

- **Keskeneräisiä kolmikoita** voi olla muodostumassa pöydälle **korkeintaan kolme samaan aikaan**.
- Keskeneräiset kolmikot on pidettävä pöydällä riittävän erillään toisistaan ja niin, että kaikki pöydällä olevat kortit ovat näkyvissä.

PELIN PÄÄTTYMINEN JA VOITTAJA

- Peliä jatketaan, kunnes korttipakka loppuu, eikä sen jälkeen enää kukaan pelaajista pysty laittamaan kädestään kortteja pöydälle.
 - Lasketaan pisteet itselle kerätyistä kolmikoista (1 kolmikko = 1 piste).
 - Käteen jääneistä korteista saa jokaisesta yhden miinuspisteen (1 käsikortti = -1p.)
 - Eniten pisteitä kerännyt pelaaja on voittaja.
-

3. Johtopäätökset ja pohdinta

Tässä tutkimuksessa havaittiin, että oppimispelien kehittäminen vie hyvin paljon aikaa, eikä ensimmäinen versio ole koskaan paras versio pelistä. Havaittiin myös, että oppimispelien pohjaksi on suotavaa ottaa jonkin tutun pelin toimintamalli ja säännöt. Oppimislejää laativan opettajan on syytä testata peliään muilla opettajilla ainakin kolmesta syystä, vaikkei olisikaan tekemässä oppimispelistään kehittämistutkimusta.

Pelin laatijan mielestä selkeäksi laaditut säännöt saattavat testattaessa osoittautua liian ylimalkaisesti laadituiksi. Erityisesti oppilaille laadittuihin pelisääntöihin on syytä liittää tarvittaessa kuvitettuja ohjeita tai esimerkki pelin kulusta.

Pelin laatija saattaa pitkän pelinkehittämisprosessin aikana kadottaa tuntuman pelin sisältämän tietotason vaativuudesta, erityisesti laadittaessa pelejä perusopetukseen. Vertaistestiryhmän avulla saadaan liian vaikeat, spesifit ja epäloogiset sanalliset vihjeet sekä huonosti tai liian ylimalkaisesti piirretyt kuvavihjeet poistettua tai muokattua paremmiksi.

Oppimispelin peliajan on oltava riittävän lyhyt. Tätä eivät ratkaise pelkästään pelikorttien määrä, vaan erityisesti sääntöjen selkeys ja aukottomuus sekä pelikorttien sisältämien vihjeiden järkevyys ja sopiva vaativuustaso. Tässä tutkimuksessa käsitys peliajan sopivasta pituudesta vaihteli, mutta havaittiin kuitenkin, että ihanteellinen aika on alle 30 minuuttia. Oppitunnin pituus perusopetuksessa on yleensä 45 minuuttia, jolloin yhteen oppituntiin saadaan sopivasti mahtumaan sekä pelin valmistelut ja poiskerääminen että itse tärkein, eli pelaamisaika.

Tässä artikkelissa julkaistujen kahden korttipelin lisäksi on kehitetty yksi uusi alkuaineisiin liittyvä korttipeli (Sevick, Hicks, Schultz & Alexander, 2008) Valitettavasti uudesta korttipelistä kertovassa artikkelissa ei ole mainittu mitään korttipelin kehittämisen vaiheista.

Tässä artikkelissa esiteltujen oppimispelien toisia versioita käyttäen tullaan tutkimaan oppimispelien vaikutusta perusopetuksen oppilaiden (8 lk) alkuaineiden jaksollisen järjestelmän oppimiseen. Artikkelin pelejä kortteineen ja sääntöineen voi jokainen artikkelin lukija ottaa omaan opetuskäyttöönnsä sellaisenaan tai kehittää niistä omia, omaan opetukseen parhaiten soveltuvia versioita. Esimerkiksi Kerää kolmikko-korttipelistä voisi helpompi versio olla sellainen, jossa kaksi korttia sisältävästä keskeneräisestä kolmikosta vain viimeksi laitettu kortti on näkyvässä, ja kolmikon kolmannen kortin on liitettävä perustellusti pelkästään tähän yhteen korttiin, ei molempiin.

Lähteet

Aksela, M. (2005). Supporting Meaningful Chemistry Learning and Higher-Order Thinking through Computer-Assisted Inquiry: A Design Research Approach. Väitöskirja. Kemian laitos, Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta, Helsingin yliopisto.

Barab, S. (2006). Design-Based Research: A Methodological Toolkit for the Learning Scientist. Kirjassa R. K. Sawyer (Toim.) *The Cambridge Handbook of The Learning Sciences* (s. 153-169). New York, Cambridge University Press.

Galus, P. (2003). Playing Games. *Science Scope*, 26, 33-34.

Hoadley, C. M. (2004). Methodological Alignment in Design-Based Research. *Educational Psychologist*, 39, 203-212.

Lujan, H. L. & DiCarlo, S. E. (2006). Too much teaching, not enough learning: What is the solution? *Advances in Physiology Education*, 30, 17-22.

Sawyer, K. R. (2006). Introduction: The New Science of Learning. Kirjassa R. K. Sawyer (Toim.) *The Cambridge Handbook of The Learning Sciences* (s. 1-16). New York, Cambridge University Press.

Sevick, R.S., Hicks, O., Schultz L. O. & Alexander, S. V. (2008). Elements – A Card Game of Chemical Names and Symbols. *Journal of Chemical Education*, 85, 514-515.

Tuomisto, M. (2005). Alkuaineiden jaksollinen järjestelmä oppimisen tukena kemian perusopetuksessa. Pro gradu-tutkielma. Kemian laitos, Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta, Helsingin yliopisto.

Tuomisto, M., & Aksela, M. (2007). Oppimispeleistä apua alkuaineiden jaksollisen järjestelmän perusopetukseen? Kirjassa M. Aksela, & M. Montonen (Toim.) *Uusia lähestymistapoja kemian opetukseen perusopetuksesta korkeakouluihin* (s. 54-62). Kemian laitos, Helsingin yliopisto ja Opetushallitus, Helsinki, Yliopistopaino.

FYKE alakoulussa – toiminnallisia teemapäiviä eri luokka-asteilla

Pirjo Häkkinen

Aineenopettajakoulutus, Kemian laitos, Jyväskylän yliopisto

Opetussuunnitelman muutos (2004) herätti mielenkiintoni luokanopettajien kemian ja fysiikan opettamiseen alakoulussa: tuleeko opetuksesta liian teoreettista vaikka opetussuunnitelman perusteet (POPS 2004) korostavat kokeellisuutta? Jaksako luokanopettaja innostua FYKEstä (FYKE = fysiikka ja kemia) ja sen tuomasta kokeellisuudesta? Miten kokeellisuutta voisi toteuttaa koulussa ja missä yhteydessä?

Jyväskylän yliopiston kemian laitoksella on tehty yhteistyötä paikallisen alakoulun kanssa kemian ja fysiikan kokeellisuuden lisäämiseksi opetuksessa. Kokeilu aloitettiin vuonna 2006, jolloin käytännön laboratoriotöihin osallistui alakoulun toinen vuosiluokka. Tämän jälkeen yhteistyötä on jatkettu vuosittain eri luokka-asteilla. Yhteistyön muotoina ovat olleet erilaiset teemapäivät kemian ja fysiikan ilmiöistä. Samalla on tutustuttu ilmiöiden esiintymiseen arjessa. Vuosittain on myös järjestetty viidesluokkalaisille vierailukäynti Jyväskylän yliopiston kemian laitokselle. Tässä artikkelissa tarkastellaan teemapäivien ja vierailujen soveltuvuutta ja antia alakoulun FYKEN opetukseen.

1. Opetussuunnitelman muutos alakoulussa

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa ympäristö- ja luonnontieto on jaettu kahdeksi oppiainekokonaisuudeksi viidenneltä luokalta lähtien. Kemia ja fysiikka muodostavat toisen oppiainekokonaisuuden ja toinen on biologia ja maantieto. Opetussuunnitelman perusteet painottavat opetuksen kokeellisuutta, jossa opetus tukeutuu tutkivaan ja ongelmakeskeiseen lähestymistapaan (POPS 2004).

Opetussuunnitelman tuomat muutokset ovat herättäneet keskustelua luokanopettajien keskuudessa. Opettajat ovat pitäneet kynnyskysymyksinä muun muassa, onko heillä riittävästi tietoa tai taitoja ”uusien” oppiaineiden opettamiseen ja kokeellisuuden toteuttamiseen. Ajankäytössä ja oppituntien suunnittelussa luokanopettaja joutuu päivittäin pohtimaan FYKEN kokeellisuutta ja sen toteuttamista koulun resurssien mukaan (Agge 2007, von Wright et al. 2008). Erityisesti positiivisen mielikuvien luominen kemiasta ja fysiikasta oppiaineena koettiin tärkeäksi tekijäksi (Turunen 1998, Syrjänen et al. 2008). Tässä yhteistyössä pyrittiin luomaan alakoulun oppilaille ja heidän opettajilleen positiivisia mielikuvia fysiikan ja kemian opiskelusta. Aihetta lähestyttiin tuottamalla alakoululle FYKEN kokeellisuuteen perustuvia teemapäiviä ja vierailuja.

2. FYKE -teemapäivä

Alakoulussa pidettyjen teemapäivien tarkoituksena on ollut kemian ja fysiikan opetuksen kokeellisuuden lisääminen ja ilmiöiden konkretisointi arkielämässä. Teemapäivillä oppilaat pääsevät itse tekemään tutkimuksia eikä opettaja ainoastaan demonstroi ilmiöitä. Teemapäivien aiheet valittiin opetussuunnitelmaa noudattaen.

Alakoulun 2. – 3. luokilla teemapäivä on ollut koko koulupäivän mittainen, jolloin oppilaat ovat saaneet kiireettömästi kokeilla ja tehdä havaintoja itse. Tekemisen ohella puheissa käytettiin käsitteitä, jotka kuvaavat ja selittävät kyseistä ilmiötä. Aiheet liittyivät ympäristö- ja luonnontiedon keskeisiin sisältöihin, ympäristön ilmiöihin ja aineisiin. Näistä kemiassa tutustuttiin erilaisiin seostyyppeihin. Fysiikassa oppilaat tutustuivat vipuihin, kaltevan tasoon ja kitkaan.

4. – 6. luokkien teemapäivien kesto oli kolmen tunnin mittainen. Aiheet noudattivat opetussuunnitelman keskeisiä sisältöjä. Kemiassa tutustuttiin eri aineiden happamuuteen ja emäksisyyteen sekä erilaisiin metalliseoksiin. Fysiikan aiheet liittyivät sähköoppiin, jossa on tutustuttu staattiseen sähköön, jännitteen mittaamiseen, virtapiiriin, sarjaan ja rinnan kytkentöihin sekä eri aineiden sähkön- ja lämmönjohtavuuksiin.

2.1 Liman tekemistä alakoulun toisen vuosiluokan oppilaiden kanssa

Teemapäivän työksi valittiin mahdollisimman yksinkertainen kemiaan liittyvä työ. Työssä opeteltiin kemian työskentelyä sekä harjoiteltiin yksinkertaisten välineiden käyttöä. Teemapäivän tarkoituksena oli tutustuttaa oppilaat havaintojen tekoon ja kertomaan niistä. Toisen vuosiluokan oppilaat tutustuivat eri seostyyppeihin ja samalla valmistivat ”limaa” eli perunajauhon ja veden lietettä. Oppilaat tutkivat ”liman” valmistamisen jälkeen sen ominaisuuksia kuten leikattavuutta, muovailtavuutta ja kylmyyden kestoa. Oppilaiden erilaiset havainnot ”limansa” ominaisuuksista herättivät vilkasta keskustelua luokassa. Osa limasta pakastettiin ja tulosta tutkittiin seuraavana päivänä. Kummastusta herätti myös ”liman” palautuminen takaisin vedeksi ja perunajauhoksi, kun lima oli ollut paikallaan huoneenlämpöisessä astiassa yön yli.



Kuva 1. Liman valmistusta.

2.2 Kolmasluokkalaisia kiinnosti vivun käyttö

Mekaniikkaan keskittyvässä teemapäivänä toiminta oli jaettu neljään eri työpisteeseen, joissa oppilaat tutustuivat eri mekaniikan osa-alueisiin, kuten vipuun, kaltevaan tasoon, kestäviin rakenteisiin sekä kitkaan. Päivä muodostui näihin fysikaalisiin ilmiöihin tutustumisesta sekä niiden sovellutusten havaitsemisesta arkielämässä. Päivä oli oppilastyöpainotteinen, vaikka kahdessa työpisteessä käytettiin multimedialla. Oppilaat tutustuivat neljän hengen ryhmissä kussakin työpisteessä ensin käsitteisiin, jonka jälkeen he tekivät havaintoja työpisteen ympäristössä olevista aiheeseen liittyvistä sovellutuksista ja testasivat niiden toimintaa. Seuraavassa on yhden oppilasryhmän palaute teemapäivään liittyen.

"Fysiikassa me tehtiin erilaisia testejä esim. vedettiin kitkakappaleita, tehtävä oli se että kirja piti saada laatikon päälle. Me nostettiin se suoraan niin se katkesi. Mutta kun me laitoimme kaltevan tason niin me saatiin kirja laatikon päälle.

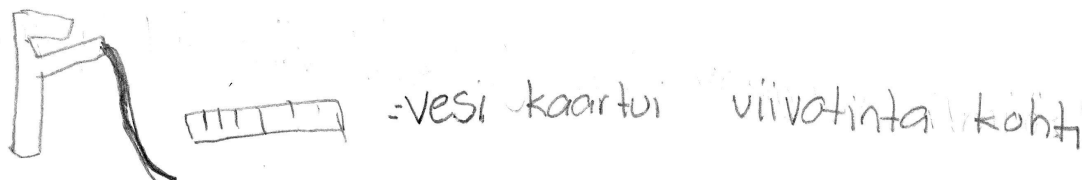
Tehtävä oli etsiä puutyöluokasta vipuja. Sieltä löytyi ovenkahva, vasara, sakset. Kitkassa piti kokeilla millä eri pinnoilla on helpoin vetää ja millä oli vaikein. Helpoin oli vetää pöydällä mutta pöytäliinan päällä oli vaikeampi kuin pöydällä."

Oppilaan kommentti osoittaa, että heidän ajatusmaailmansa liikkui konkreettisella tasolla, mikä oli teemapäivän tarkoituksin. Oppilaat tutustuivat arkipäivän ilmiöihin, jotka hyödyntävät mekaniikkaa. Joten kovin teoreettista ajattelua ja sanastoa ei voitu käyttää oppilaita ohjattaessa. Kaiken oli liityttävä jotenkin oppilaan omaan kokemus- ja käsitysmaailmaan.

2.3 Neljäsluokkalaiset olivat sähköisiä

Oppilaiden kanssa tutkittiin hankaussähköä ja tutustuttiin virtapiiriin sekä sen toimintaan. Näihin tutkimuksiin käytettiin kaiken kaikkiaan neljä oppituntia. Ensimmäisellä tunnilla oppilaat tutustuivat opettajan kanssa sähköön liittyviin käsitteisiin yhdessä. Kolmen seuraavan tunnin aikana näitä käsitteitä havainnollistettiin ja konkretisoitiin oppilastöiden avulla. Hankaussähköä ihmeteltiin ohuen valuvan vesinoron ja hiuksissa hangatun muoviviivaimen avulla. Saadut havainnot kirjoitettiin tai piirrettiin muistiin. Kuvassa 2 on 12-vuotiaan oppilaan kuvaus tapahtuneesta.

Kerro mitä näit ja mitä sinun mielestäsi tapahtui.
Kirjoita lopuksi vielä ikäsi ja luokkasi.



Kuva 2. Oppilaan kuvaus, miten sähköisesti varattu muoviviivain vaikuttaa virtaavaan veteen.

Virtapiiriä demonstroitiin rakentamalla se yhtenäisen köyden avulla. Idea virtapiiriin havainnollistamiseen köyden avulla luokassa on lähtöisin professori Phil Scottilta Leedsin yliopistosta (Scott 2007). Köysi kulki piirissä oppilaiden käsien kautta. Alussa opettaja laitoi köyden liikkeelle ja oppilaat pitivät köydestä löysästi kiinni, jotta se pääsisi kulkemaan oppilaiden muodostamassa piirissä. Opettajan (=paristo) liikuttaessa köyttä oppilaille selvisi, että paristo on virtapiiriin energialähde. Pariston kuluminen selkeni oppilaille, kun pariston roolia vaihdeltiin oppilaalta toiselle. Avoin virtapiiri havainnollistui oppilaille köyden ollessa poikki.

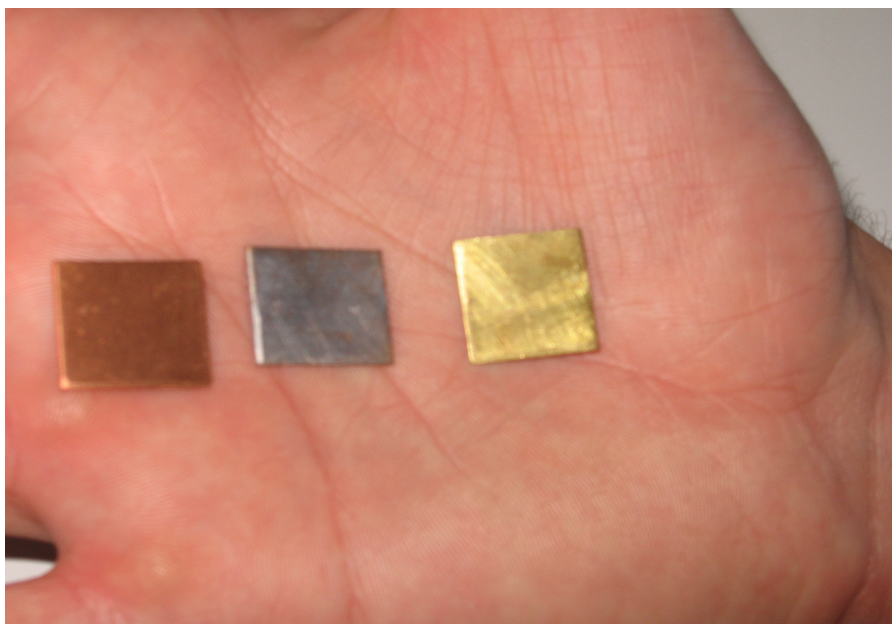
Elektronien liike, köyden liike virtapiirissä tuntui oppilaiden käsien lämpenemisenä. Tällöin oppilaat huomasivat, että liikkeen jatkuessa ja nopeutuessa lämpötila käsissä nousi ja käsiä alkoi polttaa. Oppilaiden käsien kuumentuessa keskusteltiin hehkulampusta ja kuinka lanka sen sisällä hehkuu. Virtapiirissä olevan hehkulampun toiminta selkeni oppilaille hyvin konkreettisesti.

2.4 Viidesluokkalaiset kemian laitoksella

Yhteistyöksi viidesluokkalaisten kanssa on muodostunut toiminnallinen päivä Jyväskylän yliopiston kemian laitoksella. Vierailu on toteutettu vuosittain ja se on ollut oppilaille aina yhtä mielenkiintoinen ja mieleenpainuva. Oppilaat pääsevät tutustumaan oikeaan kemian laboratorioon ja työskentelemään tiloissa, jollaisia omassa koulussa ei ole.

Kouluvierailujen aikana erityistä huomiota kiinnitetään laboratoriossa toimimiseen. Turvallisen työympäristön luomista edesauttavat pienet oppilasryhmät. Työturvallisuusohjeista, työtakeista, suojalaseista ja -käsineistä sekä laboratorion työtavoista oli käyty kertomassa oppilaille etukäteen. Ennen varsinaisen työn alkua oppilaat harjoittelivat laboratoriovälineiden tunnistamista ja käyttöä. Laboratoriossa työskenneltiin pareittain. Työpareja ohjasivat kemian aineenopettajaopiskelija sekä laitoksen tutkija.

Vierailuun kemian laitokselle on valittu sellainen työ, että sitä ei voida toteuttaa alakoulun kemikaaleilla ja laboratoriovälineillä. Vierailun teema sivusi urheilua, sillä oppilaat saapuivat kemian laitokselle polkupyörillä. Urheilulliseen teemaan liittyi myös mitalien valmistus laboratoriossa. Oppilaat valmistivat kuparilaatasta ensin sinkittämällä ”hopeamitalin”, joka kuumentamisen jälkeen muuttui ”kullaksi” eli messingiksi. Työn valmistuttua keskusteltiin oppilaiden kanssa, mitä heidän valmistamat ”hopea” ja ”kulta” ovat. Mitalien valmistuksessa on useita erilaisia työvaiheita, jolloin valmiin tuotteen saaminen tuntui kestävän ja oppilaat kommentoivat työn hitaudesta. Odotus kannatti, sillä oppilaat olivat hyvin tyytyväisiä saadessaan kolme erilaista mitalia (katso kuva 3). Itse työssä on monia työläitäkin vaiheita sisältäviä prosesseja, joten työn teettämisen suunnitteluun ja toteuttamiseen kannattaa käyttää aikaa.



Kuva 3. Valmis mitalisarja. Mitalit vasemmalta ”pronssi-”, ”hopea-” ja ”kultamitali”.

Keväällä 2009 ohjelmaan lisättiin varsinaisen työn lisäksi molekyylimallinnusta. Oppilailla oli käytössä molekyylimallit, joiden avulla he rakensivat omat molekyylinsä ja esittelivät niitä toisille. Oman molekyylin rakentaminen oli oppilaista mielenkiintoista, koska tulos oli heti nähtävissä. Tämä oli heille ensimmäinen kokemus kemian rakennussarjoista ja niiden käytöstä kemiallisen rakenteen havainnollistajana.

2.5 Kokeellisuutta kuudesluokkalaisille

FYKEN kokeellisuutta toteutettiin kahdessa osassa. Aikaa käytettiin kemiassa kahden ja fysiikassa kolmen oppitunnin verran.

Kemian aiheena olivat happamat ja emäksiset aineet. Oppikirjassa olevan materiaalin lisäksi tutustuttiin erityisesti happohyökkäyksen vaikutuksiin suussa ja hampaissa. Aluksi mitattiin syljen pH ($\text{pH} \approx 7$), jonka jälkeen juotiin limonadia ja pH mitattiin uudelleen. Juoman jälkeen pH:n todettiin siirtyneen happaman puolelle ($\text{pH} \approx 4$). Seuraavana oli vuorossa ksylitolipurukumin pureskelua. Syljen pH mitattiin nyt uudelleen ja tuloksena oli pH:n palautuminen normaalitasolle ($\text{pH} \approx 7$) (katso kuva 4.). Kokeessa käytettiin sokeritonta limonadia. Tämä herätti oppilaissa keskustelua siitä, kumpi on vaarallisempaa: limonadissa oleva sokeri vai limonadin happamuus?



Kuva 4. Syljen happamuus ennen limonadia (ylin pH-paperi), sen jälkeen (keskimmäinen pH-paperi) ja ksylitolipurukumin (alin pH-paperi) pureskelun jälkeen.

Fysiikan aiheena oli sähköoppi, jossa tutustuttiin muun muassa jännitteen mittaamiseen, lamppujen sarjaan ja rinnankytkentöihin. Lisäksi tutkittiin sähkönjohtavuutta erilaisissa vesissä ja sähkön lämpövaikutuksia sekä puhuttiin sähköturvallisuudesta.

Oppilaat työskentelivät neljän oppilaan ryhmissä pareittain. Kutakin ryhmää ohjasi joko luokanopettajaksi valmistuva opiskelija tai luokanopettaja. Tällä jaottelulla oppilaille saatiin yksilöllistä opetusta, jolloin oppilaiden oli helpompi puhua opettajan kanssa ongelmatilanteissa. Näiltäkin tunneilta parhain palaute saatiin, kun oppilaat pääsivät itse rakentamaan ja testaamaan kytkentöjä.

3. Vierailukäynti koululla

Teemapäivien lisäksi 4. – 6. luokkalaisille oppilaille järjestettiin vierailu, jonka aiheena oli nestemäinen typpi. Vierailu toteutettiin yhdessä Jyväskylän yliopiston fysiikan laitoksen kanssa. Oppilaille näytettiin ja kerrottiin, millaista ainetta nestemäinen typpi on muun muassa mittaamalla sen lämpötila. Oppilaille demonstroitiin, mitä erilaisille aineille ja niiden ominaisuuksille tapahtuu alhaisessa lämpötilassa. Oppilaista mieleenpainuvinta oli banaanin käyttö vasarana.

4. Teemapäivien palaute

Kultakin luokkatasolta kerättiin aina teemapäivän jälkeen palaute. Palautteessa heiltä kysyttiin mielipiteitä ja mielikuvia päivän tapahtumista. Toisen vuosiluokan oppilaiden kanssa palautteeksi muodostui tutkijan, luokanopettajan ja oppilaiden välinen keskustelu

teemapäivän tapahtumista. Kolmannen luokan oppilailta luokanopettaja keräsi oppilasryhmäkohtaiset kommentit yhteen päivän tapahtumista.

Neljännän luokan palaute muodostui sekä oppilaiden että luokanopettajan kommenteista. Oppilaat joko piirsivät tai kirjoittivat miten virtaava vesi käyttäytyi sähköisesti varatun kamman läheisyydessä. Opettaja kommentoi koko sähköoppiosuutta, koska se oli osa hänen fysiikan ja kemian täydennyskoulutustaan. Seuraavassa on hänen huomionsa tapahtumasta:

”Oppilaat pitivät kovasti tunneista ja osallistuivat kokeisiin innostuneesti. Välineiden kiikuttaminen luokkaan ja niiden käyttäminen ei ollutkaan vaikeaa. Omat tiedot ja taidot riittivät melko hyvin, ihme kyllä, kun tämä oli ensimmäinen kokeiluni aiheen opettamisesta. Asiantuntija-apu oli tervetullutta ideoinnissa ja ilmiöiden selittämisessä.”

Edellä olevasta käy ilmi opettajan luottaminen omiin tietoihinsa, mutta asiantuntija-apu koetaan hyväksi.

Viidesluokkalaisten vierailusta Jyväskylän yliopiston kemian laitokselle oppilaat kirjoittivat tutkijalle palautteena kirjeen. Kirjeen aiheina olivat kaksi erilaista kysymystä, joissa kysyttiin oppilaiden mielipiteitä päivän annista. Kirjeessä tutkijalle oppilaat kertoivat, mikä päivässä oli mukavinta ja mikä tylsintä.

Kuudesluokkalaisilta ei erikseen kerätty erillistä palautetta, vaan se oli osa FYKE-opetusta. Opettaja kommentoi oppilaiden mielenkiinnon kemiaa ja fysiikkaa kohtaan kasvaneen, koska tehdyt oppilastyöt olivat hyvin konkreettisia ja liittyivät heihin itseensä sekä heidän maailmaansa. Kvantitatiivisten tai kvalitatiivisten tutkimusmenetelmien mukaisia oppimisen kysymyksiä on vaikea soveltaa, kun oppilailta kysellään mielikuvia ja mielipiteitä FYKEstä. Tästä syystä tässä yhteydessä on ainoastaan esitetty yleisiä oppilaiden ja opettajien tuntemuksia tapahtumasta.

5. Yhteenveto

Teemapäivien ja vierailujen annista sekä niiden jatkumisesta keskusteltiin yhdessä luokanopettajien kanssa. Seuraavassa on yhteenveto keskustelujen tuloksista.

Alakoulun toisen vuosiluokan teemapäivässä pääpaino oli itse tekemisessä ja se myös onnistui. Oppilaat saivat kukin tehdä oman ”limansa” ja ihmetellä sen ominaisuuksia.

Mekaniikan teemapäivän anti ei vastannut aivan odotuksia. Syynä tähän oli ohjelman runsaus. Oppilaille tuli paljon asioita yhden päivän aikana. Jatkossa mekaniikan teemapäivän voisi supistaa vain yhteen aiheeseen ja sen ilmiöihin. Tällöin ehdittäisiin hieman enemmän miettiä yhdessä syitä ilmiöön ja sen seurauksiin.

Luokanopettajien kanssa käydyissä keskusteluissa kävi ilmi, että nestemäisen typen demonstraatio ei heidän mielestään hyödyntänyt alakoulun oppilaita. Suurin syy tähän oli se, että oppilaat joutuivat katselemaan, kun vierailijat esittivät eivätkä he itse saaneet tehdä

mitään. Lisäksi oppilailla ei ollut aktivoivia demonstraatioon liittyviä tehtäviä, joiden on todettu auttavan asian ymmärtämisessä ja oppimisessa (Torn 2007).

Viidesluokkalaisten vuosittainen toiminnallinen vierailu Jyväskylän yliopiston kemian laitoksella on ollut hedelmällinen ja antoisa sekä oppilaille että opettajille.

Toiminnallinen vierailu kemian laitoksella ja sen jatkuminen on koettu molemmiin puolin tärkeäksi. Oppilaat huomaavat, missä kaikissa asioissa ja tekemisissään he joutuvat soveltamaan ja käyttämään kemian tietojaan.

Kuudesluokkalaisten teemapäivien anti oli todella hyvä. Teemapäivien aikana tehdyt kokeet herättivät oppilaissa mielenkiintoa tuntien jälkeenkin. He olivat pohtineet tunnilla käytyjä asioita kotona ja kyselivät lisää seuraavana päivänä.

Kokonaisuuksiltaan antoisimmiksi todettiin fysiikasta sähköön liittyvät aiheet ja kemiasta aineiden happamuus. Lisäksi luokanopettajat toivoivat keskusteluissa lisää työtapoihin liittyviä teemoja. Teemapäivien jatkoa suunnitellaan edellä mainitut aiheet hyödyntäen.

Opetussuunnitelmassa korostetaan opetuksen lähtevän oppilaan aiemmista tiedoista, taidoista ja kokemuksista. Siten tällaisten teemapäivien ja vierailujen järjestäminen alakoululaisille on omiaan antamaan kemiasta ja fysiikasta mielenkiintoisen ja innostavan käsityksen. Jatkossa kannattaa kiinnittää huomiota, mille luokkatasolle teemapäivää järjestää ja kuinka hyvin aiheeseen liittyvä teoria linkittyy tehtäviin kokeisiin.

Lähteet

Agge, K. (2007). Vuosiluokilla 5-6 opiskellaan kemiaa. Kirjassa M. Aksela, & M. Montonen (Toim.) Uusia lähestymistapoja kemian perusopetuksesta korkeakouluihin, Valtakunnalliset kemian opetuksen päivät 29.–30.3.2007 Helsinki (s. 26–30). Opetushallitus, Helsinki.

Häkkinen P. (2009). Hei meistä tuli kemistejä. *Kemia-Kemi*, 36 (1), 38 - 39.

Scott P. H. (2007). Planning and analyzing science teaching & learning: Concept of learning demand, suullinen esitys, opettajankoulutuslaitos, Jyväskylän yliopisto, Jyväskylä.

POPS. (2004). *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet*. Opetushallitus, Vammalan kirjapaino Oy, Vammala.

Syrjänen, N., & Aksela, M. (2008). Kemian aineenopettajanopiskelijoiden mielikuvia erilaisista oppimisympäristöistä ja niiden hyödyllisyydestä kemian opetuksessa. Kirjassa J. Välisaari, & J. Lundell (Toim.) Kemian opetuksen päivät 2008: Uusia oppimisympäristöjä ja ongelmalähtöistä opetusta (s. 13 – 20). Jyväskylän yliopiston kemian laitoksen tutkimusjulkaisuja № 129, Jyväskylän yliopistopaino.

Torn, E. (2007). *Kemiasta kiva*. Keuruu, OTAVA, Otavan Kirjapaino Oy, 170 – 171.

Turunen K. (1998). *Minusta näyttää – johdatus reflektiiviseen filosofiaan*. Atena, Jyväskylä, 56 – 84.

Von Wright, A., Jaatinen K., & Pirkkanen, S. (2008). Kemia alakoulun oppiaineena. Kirjassa J. Välisaari, & J. Lundell (Toim.) Kemian opetuksen päivät 2008: Uusia oppimisympäristöjä ja ongelmalähtöistä opetusta (s. 89 – 91). Jyväskylän yliopiston kemian laitoksen tutkimusjulkaisuja № 129, Jyväskylän yliopistopaino.

Materiaalit ympärillämme –opintojakso ja opettajien käyttökokemuksia

Jan Jansson, Jari Lavonen, Anni Loukomies & Kalle Juuti
Soveltavan kasvatustieteen laitos, Helsingin yliopisto

Materiaalit ympärillämme –opintojaksossa oppilaat tutustuvat elinympäristömme tärkeisiin materiaaleihin ja niitä kuvaaviin malleihin sekä materiaalien merkitykseen yhteiskunnassa. Opintojakson työmenetelmiin lukeutuvat mm. POE-tutkimustehtävät, artikkelin kirjoittaminen ja opintokäynti teknologia-alan yritykseen. Kuusi aineenopettajaa Etelä-Suomesta kokeili opintojaksoa ja siihen valmistettua opetusmateriaalia valitsemalleen yläkoulun fysiikan tai kemian ryhmälle. Opettajia haastateltiin ryhmänä opintojakson päätteeksi. Haastattelussa nousi esille kolme teemaa: yhteistyö yritysten kanssa, POE-menetelmän käyttökokemukset ja artikkelin kirjoittaminen oppimistehtävänä. Kokemukset olivat pääosin myönteisiä, mutta opettajat kokivat tarvitsevänsä enemmän tukea kirjallisten tehtävien arviointiin ja toimintatapaohjeita POE-menetelmän käyttöön.

1. Johdanto

Materiaaleja on kaikkialla ympärillämme. Kaikki esineet ovat valmistettu jostakin materiaalista ja monien materiaalien valmistus, raaka-aineiden hankinta ja käsittely on sisällytetty peruskoulun opetussuunnitelman perusteiden tavoitteisiin. Kemian päättöarvioinnin kriteereissä (Opetushallitus, 2004) mainitaan, että oppilas *”tuntee teollisuuden eri aloja kuten metalli- ja puunjalostusteollisuus sekä niiden tuotteita ja niiden merkityksen jokapäiväisessä elämässä”*. Sekä fysiikalle että kemialle yhteisenä tavoitteena on teknologian ja sen merkityksen ymmärtäminen arkielämässä. Ymmärrys aineen rakenteesta ja samalla materiaaleista ja niiden ominaisuuksista on oleellista, jotta voi oppia ymmärtämään syvemmin esimerkiksi tuotteen elinkaariajattelua ja kierrättämistä, jotka myös ovat tärkeitä opetuksen tavoitteita ja mainittu esimerkiksi opetussuunnitelman aihekokonaisuuksissa. Materiaalit ja niiden ominaisuudet ovat myös teollisuuden toiminnan keskiössä ja keskeinen osa arkipäivää ja yhteiskuntaa. Materiaalit tarjoavat siis hyvän kontekstin opiskella useita erilaisia asioita kemian ja fysiikan oppitunneilla.

Helsingin yliopiston soveltavan kasvatustieteen laitoksella kehitetty Materiaalit ympärillämme –opintojakso on kehitetty Euroopan unionin 6. puiteohjelman Materials Science -hankkeen (SAS6-CT-2006-042942-Materials Science) puitteissa. Kyseessä on Design based research –projekti (Juuti & Lavonen, 2006 sekä Design based research collective, 2003), jossa oppimateriaalia on kehitetty syklisesti. Oppimateriaalia on kokeiltu oppitunneilla ja kerätyn palautteen perusteella parannettu. Kolmannessa kokeilussa kuusi kemian ja/tai fysiikan aineenopettajaa Etelä-Suomesta osallistui soveltavan kasvatustieteen laitoksella toimivan LumO-keskuksen järjestämään täydennyskoulutukseen. Koulutuksessa opettajat tutustutettiin Materiaalit ympärillämme –opintojaksoon ja siihen liittyviin opettajanoppaaseen ja oppilaan materiaaliin, jotka sittemmin ovat tulleet saataville Taloudellisen tiedotustoimiston ylläpitämille sivuille osoitteeseen www.opetin.fi. Opettajat sitoutuivat opintojakson toteuttamiseen valitsemalleen yläkoulun luokalle haluamansa kurssin puitteissa. Opetusryhmiltä ja opettajilta kerättiin tietoa opintojaksosta monin eri tavoin.

Seuraavassa käydään läpi kehitetyn opintojakson tavoitteet sekä sen jälkeen opintojakson rakenne keskittyen POE (Predict, Observe, Explain) –tehtäviin sekä opintokäynnin toteuttamiseen. Artikkelin viimeisessä osassa keskitytään opettajilta ryhmähaastattelussa saatuun palautteeseen opintojaksosta.

2. Opintojaksolle asetetut oppimistavoitteet

Materiaalit ympärillämme –opintojakson tavoitteena on, että oppilaat:

1. Ymmärtävät fysiikan ja kemian peruskäsitteitä, periaatteita ja systeemejä materiaalitieteen kontekstissa. Esim. tunnistavat materiaaleja ja niitä kuvaavia submikroskooppisia malleja.
2. Omaksuvat prosessitaitoja, kuten havainnointia, mittaamista, luokittelua, arviointia, ennusteen tekemistä sekä tietolähteiden käyttöä.
3. Oppivat tunnistamaan muuttujia ja niiden välisiä yhteyksiä sekä käyttämään aikaisempaa tietoa ja malleja avuksi kysymysten muotoilussa ja tavoitteiden asettamisessa tutkimuksilleen.
4. Kiinnostuvat luonnonilmiöistä, fysiikan ja kemian opiskelusta sekä alaan liittyvistä ammateista.
5. Tulevat tietoisiksi materiaalitieteen sosiaalisesta, historiallisesta sekä yhteiskunnallisesta puolesta. Erityisesti vuorovaikutuksista yhteiskunnan ja tieteen sekä teknologian välillä. Myös tieteen ja teknologian alan mahdollistamat työmahdollisuudet pyritään tunnistamaan.
6. Oppivat kertomaan ja raportoimaan tutkimustensa tuloksia fysiikan ja kemian kieltä käyttäen. Osaavat käyttää oikeita kemian ja fysiikan käsitteitä esitellessään tutkimustuloksiaan ja ajatusprosessejaan, jotka johtivat tuloksiin.
7. Ymmärtävät luonnontieteiden ja teknologian luonteen, osaavat erottaa em. käsitteet toisistaan sekä ymmärtävät luovan ja kriittisen ajattelun merkityksen tieteellisissä prosesseissa.

3. Opintojaksossa käytettävät työtavat ja opintojakson rakenne

Opintojakso koostuu neljästä osuudesta, joista kolmas, itse opintokäynti ja siihen liittyvät ennakko- ja jälkitehtävät, ovat keskeisin osuus. Seuraavassa esitellään opintojakson rakenne ja käytettävät työskentelytavat painottaen osuuksia, joista keskustellaan artikkelin kolmannessa osassa. Tarkempi kuvaus opintojakson rakenteesta löytyy opettajan materiaalista (Loukomies et al., 2009) ja tehtävistä oppilaan materiaalista (Lavonen et al., 2009).

3.1 Opintojakson ensimmäinen osa: Tutustutaan materiaaleihin

Ensimmäisessä osassa oppilaat tutustuvat materiaaleihin luokittelemalla esineitä. Samalla syvennetään käsityksiä materiaalien ominaisuuksista. Oppilaat tutustuvat myös materiaalien rakennetta kuvaaviin submikroskooppisiin malleihin. Opetuksessa voidaan käyttää opintojaksoa varten valmistettua oppilaan materiaalia, jossa on tietoa ja tehtäviä aiheesta. Opettajalle ja ryhmälle sopivista työtavoista on ehdotuksia opettajan materiaalissa.

3.2 Opintojakson toinen osa: Vertaillaan ja analysoidaan materiaaleja esittäviä malleja

Opintojakson toisessa osassa materiaalien malleja käytetään POE-tutkimustehtävissä. POE eli Predict-Observe-Explain –menetelmää esitellään mm. kirjassa *Probing understanding* (White & Gunstone, 1992). Palmer (1995) on kokeillut POE-menetelmää 60 alakoulun opettajaopiskelijan kanssa erilaisten tiedeteemojen opettamiseen ja saanut hyviä kokemuksia menetelmän soveltamisesta valtaosaan teemoista. Gunstone ja White esittelevät kirjassaan useita variaatioita POE-tekniikasta muihinkin kuin fysiikan opetuksen tarpeisiin. Tässä opintojaksossa POE-menetelmällä tehdään ennusteita materiaalien käyttäytymisestä tukeutumalla materiaaleja esittäviin submikroskooppisiin malleihin.

Menetelmässä oppilaille esitetään tutkimustilanne ja heitä pyydetään tekemään perusteltu ennuste siitä, mitä tapahtuu, kun toimitaan kerrotulla tavalla. Ennuste tehdään kirjallisena ja itsenäisesti, jotta jokaisella oppilaalla on mahdollisuus muotoilla ennuste. Tämän jälkeen suoritetaan koe, jonka yhteydessä tehdään havainnot. Havaintojen ja ennusteen välinen ristiriita voidaan selittää yhdessä oppilastoverien kanssa. (White & Gunstone, 1992)

POE-työtavan etuja on sosiokonstruktivistisesta näkökulmasta mm. että omien ennusteiden tekemisessä oppilaat käyttävät aiempaa tietoaan. Käyttäessään omia ennakkokäsityksiään ennusteiden tekemiseen, oppilaat tulevat tietoisiksi virhekäsityksistään, joiden järjestelmälliseen arviointiin sitten tarjoutuu mahdollisuus. (Kearney & Treagust, 2000)

Ennusteen tekeminen kiinnittää oppilaiden huomion käsillä olevaan kokeeseen ja auttaa etukäteen pohtimaan, mikä kokeessa on olennaista tarkkailtavaa. Oppilailla on taipumus nähdä asiat niin kuin he olettavat niiden näkyvän ja havaintoja muokataan sopimaan selityksiin. Tämänkin vuoksi on hyvä kirjoittaa havainnot ylös itsenäisesti ja vasta sen jälkeen käynnistää keskustelu. (White & Gunstone, 1992)

3.3 Opintojakson kolmas osa: Liitetään opittu asia yhteiskuntaan opintokäynnillä

Opintojakson kolmannessa osassa toteutetaan opintokäynti. Opintokäynnin aikana on mahdollista perehtyä materiaalien ominaisuuksiin ja käyttöön teollisuudessa. Materiaalit ympärillämme –opintojaksossa opintokäynnin suorittamisen on ajateltu jakautuvan viiteen osaan.

- Opettajan ennakkosuunnittelu ja alustava yhteydenotto opintokäynnin kohteeseen
- Oppilaiden perehdyttäminen opintokäynnin kohteeseen ja yhteissuunnittelu, tavoitteiden ja tehtävien sopiminen
- Opintokäynti
- Jatkotyöskentely
- Arviointi ja seuraavan käynnin suunnittelu

3.3.1 Opettajan ennakkosuunnittelu

Huolellinen ennakkosuunnittelu yhdessä käyntikohteen yhteyshenkilön kanssa auttaa selvittämään molemmille osapuolille toisen osapuolen tavoitteet ja resurssit. Etukäteiskeskusteluissa voidaan selvittää esimerkiksi missä määrin oppilaat tuntevat yrityksen toimialaa, miten vierailuun valmistaudutaan, voiko yritys tarjota koululle opetusmateriaalia, mitä vierailulla voidaan oppia, turvallisuusnäkökohdat ja vaikkapa rajoitukset valokuvaamisessa tms.

Yritysten pääasiallinen lähtökohta Parvinin ja Stephensonin mukaan yritysvierailuiden järjestämiselle on rekrytointi, yhteisön tukeminen tai maineen parantaminen. Rekrytointi saattaa koskea myös kesätyöläisiä, vaikka usein kyse on ammattialan asiantuntijoiden etsimisestä. Joskus alan maineen parantaminen on kokonaisen teollisuudenhaaran tavoitteena, mistä ovat esimerkkinä erilaiset teollisuuden kattojärjestöjen aloittamat projektit, joihin saattaa liittyä kouluyhteistyön voimistamista. Esteenä vieraiden vastaanottamiselle yrityksen puolelta on useimmiten vierailijoiden ikä tai ryhmän suuri koko. (Parvin & Stephenson, 2004)

Opettajan tavoitteet vierailulle ovat hyvin erilaiset kuin yrityksen ja siksi huolellinen keskustelu molempien odotuksista on tarpeen.

3.3.2 Oppilaiden kanssa tapahtuva ennakkosuunnittelu

Oppilaita voidaan sitouttaa ja motivoida opintokäyntiin käyntiä alustavalla yhteissuunnittelulla ja kohteeseen tutustumisella. Materiaalit ympärillämme – opintojaksossa oppilaat tutustuvat yritykseen ennen vierailua ja esimerkiksi tekevät käsitekartan yrityksestä sen internet-sivujen avulla tai suunnittelevat etukäteen kysymyksiä esitettäväksi yrityksen edustajille. Kysymysten lähettäminen etukäteen yritykseen auttaa yrityksen edustajia valmistautumaan tilaisuuteen siten, että esitys kohtaa oppilaiden tarpeet. Opintojaksossa oppilaat raportoivat opintokäynnin kirjoittamalla siitä artikkelin. Valmistautuminen aloitetaan jo ennen vierailua pohtimalla artikkelin aihetta, joka suuntaa mielenkiintoa ja ennakkovalmistautumista.

3.3.3 Opintokäynti

Koulun ulkopuolelle suuntautuvalla opintokäynnillä saattaa olla esimerkiksi seuraavia etuja verrattuna luokkaopetukseen (Braund & Reiss, 2006):

1. parempi käsitteiden merkityksien muodostuminen ja integrointi olemassa oleviin käsitteisiin
2. autenttinen kokeellinen työ
3. mahdollisuus tutustua harvinaiseen ja suuren kokoluokan tieteseen tai teknologiaan, jota koulussa ei ole
4. asenteet luonnontieteiden opetukseen voivat parantua ja muuttaa tulevaa opiskelua
5. sosiaalisen luonteensa vuoksi opintokäynnit edistävät myös sosiaalisten taitojen oppimista

Materiaalit ympärillämme –opintojaksossa tunnistetaan oppilaiden mahdollisuus tavata ihmisiä teknologiaan liittyvissä työtehtävissä. Tällaisten roolimallien näkeminen saattaa motivoida opiskelemaan luonnontieteitä.

Itse opintokäynnin ohjelma on monessa yrityksessä samantapainen. Usein ensin esitellään yritystä yleisesti. Tämän jälkeen on kierros tuotantotiloissa ja lopuksi mahdollisuus kysellä yrityksen edustajalta. (Parvin & Stephenson, 2004) Materiaalit ympärillämme –opintojaksossa yrityksen toivotaan järjestävän oppilaille mahdollisuus haastatella yrityksestä sellaisen alan asiantuntijaa, josta oppilaat ovat kiinnostuneita. Tästä ja muista tavoista sovittaa vierailua ryhmälle sovitaan ennakosuunnitteluvaiheessa.

3.3.4 Jatkotyöskentely

Tehdyn opintokäynnin purku tapahtuu koululla kirjoittamalla artikkeli sopivasta aiemmin päätetystä aiheesta. Koska opintokäynnin ohjelma on aina erilainen ja opettaja tai yritys on voinut painottaa opintokäynnissä erilaisia puolia, artikkelien aiheet voivat vaihdella yrityksen käyttämistä raaka-aineista tai yritysesittelystä tuotteiden valmistukseen tai erityisesti yrityksen tuotteisiin liittyvään tieteeseen.

Päivi Tynjälä (1999) kuvailee kirjoittamalla oppimista toiminnaksi, jossa oppilas joutuu aktiivisesti käsittelemään tietoa eikä ainoastaan palauttamaan sitä mieleensä. Toiseksi kirjoittaminen edellyttää oppilaan aiempia tietoja. Se johdattelee käyttämään omia kokemuksia ja tulkitsemaan niitä. Neljänneksi kirjoittaminen auttaa soveltamaan teoriaa käytäntöön. Oppimista tukeviin kirjoitustehtäviin liittyy lisäksi ryhmäkeskustelua ja tehtävät sisältävät käytännön ongelmanratkaisua tai ilmiön ymmärtämisen kannalta tärkeiden ongelmien ratkaisua.

Näitä näkökulmia tuodaan esille opintojakson kirjoitustehtävissä. Artikkelin kirjoittaminen ohjaa muokkaamaan tietoa ja käyttämään omia kokemuksia. Teknologia yrityksissä on tunnilla opitun luonnontieteellisen tiedon soveltamista. Artikkelin kirjoitetaan parhaiten pienryhmissä, joissa oppilaat suunnittelevat kirjoitusta yhdessä. Myös POE-tehtävissä kirjoittamista käytetään prosessoinnin tukena ja omien käsitysten jäsentämisessä.

Artikkeli on mahdollista kirjoittaa myös yhteistyössä äidinkielenopettajan kanssa. Materiaalit ympärillämme –opintojakson materiaaleissa annetaan ohjeita artikkelin kirjoittamisesta, mutta etenkin muotoa ja kirjoittamista voi paremmin arvioida äidinkielenopettaja. Äidinkielenopettaja voi myös olla kiinnostunut työn ottamisesta osaksi omaa kurssia. Molemmat aineet saattavat hyötyä oppilaiden lisämotivaatiosta kirjoittamiseen, jos tehtävä on oppiaineiden yhteinen. Oppilaiden motivaatiota kasvattaa myös mahdollisuus julkaista teksti jollekin muullekin yleisölle kuin pelkästään opettajille. Artikkelien julkaiseminen vuosikirjassa on yksi mahdollisuus.

3.3.5 Arviointi

Jatkotyöskentelyn jälkeen on aika arvioida opintokäynnin onnistumista. Arviointi voi olla epämuodollista keskustelua luokan ja yrityksen edustajan kanssa tai luokalta voidaan esimerkiksi kerätä lomakkeita, joissa kysytään vierailun onnistumisesta. Kiitoskortin ja

kirjoitettujen artikkelien lähettäminen yritykseen on hyvä ele ja pohjustaa seuraavaa vierailua.

3.4 Opintojakson neljäs osa: Kokonaisuuden muodostaminen

Opintojakson neljännessä ja viimeisessä osassa kerätään yhteen, mitä on opittu materiaaleista, niiden ominaisuuksista ja käytöstä, ja pyritään muodostamaan kokonaiskuva aiheesta käsitekartatekniikan avulla. Käsitekartat kertovat oppilaiden oppimistuloksista ja niitä voidaan myös käyttää arvioinnin tukena.

4. Opettajien käyttökokemukset

Keväällä 2009 kuusi kemian ja/tai fysiikan aineenopettajaa osallistui täydennyskoulutukseen, jossa opettajat tutustuivat Materiaalit ympärillämme – opintojaksoon ja sitä varten valmistettuihin materiaaleihin, joita ovat oppilaan työkirja sekä opettajan opas. Opettajat olivat sitoutuneet pitämään opintojakson valitsemalleen yläkoululuokalle haluamallaan kurssilla ja soveltuvien osien, mutta niin että kaikki luokat kävisivät opintokäynnillä jossakin teknologiateollisuuden kohteessa.

Kokeiluun osallistuneet opetusryhmät olivat luokka-asteilta seitsemänneistä yhdeksänteen ja niiden koko vaihteli 12 ja 17 oppilaan välillä. Viisi ryhmää tuli pääkaupunkiseudulta ja kaksi opettajista työskenteli samassa koulussa.

Opettajat tavattiin toisen kerran, kun yhtä lukuun ottamatta kaikki opettajat olivat jo ehtineet viedä oppilaat opintokäynnille. Kaikki opettajat olivat päätyneet käyttämään opintokäynnin raportoinnin tapana artikkelin kirjoittamista. Muita opintojakson materiaaleja käytettiin vaihtelevasti. Opettajia pyydettiin myös arvioimaan opintojaksoon kulunutta aikaa. Ennen opintokäyntiä koululla käytettiin kolmesta seitsemään 45 minuutin oppituntia opintojakson muun sisällön opiskeluun kuten POE-tutkimuksiin ja artikkelia kirjoitettiin vielä parilla oppitunnilla opintokäynnin jälkeen.

Opettajia haastateltiin ryhmänä ja haastattelu nauhoitettiin. Haastattelussa opettajilta kysyttiin avoimesti kokemuksia opintojakson ajalta ja materiaalin käytöstä kronologisessa järjestyksessä seuraten opintojakson rakennetta aloittaen opettajan enakkosuunnittelusta ja yrityksen kanssa kommunikoinnista ja päättäen jakson lopun oppilastöihin ja viestimiseen yrityksen kanssa. Haastattelun litteroinnista analysoitiin jokaisesta mielekkäästä puheenvuorosta sen keskeiset sisällöt. Haastattelussa nousi esille kolme pääasiallista teemaa: opettajien kokemukset yhteistyöstä yritysten kanssa, POE-tehtävien käyttökokemukset ja artikkelin kirjoittaminen oppimistehtävänä. Seuraavassa käydään näitä läpi.

4.1 Opettajien kokemukset yhteistyöstä yritysten kanssa

Kun opettajilta kysyttiin opettajan enakkovalmisteluista liittyen opintokäyntiin, kävi ilmi, että valtaosa yrityksistä oli erittäin yhteistyöhaluisia. Joihinkin yrityksiin oli vaikea saada

yhteyttä laisinkaan. Koulun ja yrityksen väliselle yhteydenpidolle rajoituksia asettivat myös molempien omat aikataulut.

Monissa yrityksissä aiempi kokemus opintokäyntien järjestämisestä nopeutti suunnittelua. Yrityksillä oli valmiita suunnitelmia käynnin toteuttamisesta ja käytännön asioista osattiin huolehtia. Aiempi kokemus auttoi toisissa yrityksissä ottamaan huomioon opettajan yksilölliset toiveet. Joissakin yrityksissä näitä tiedusteltiin ja niihin suhtauduttiin kiinnostuneesti. Yhdessä yrityksessä kuitenkin oltiin vastahakoisia poikkeamaan aiemmin totutusta kaavasta. Tavoitteiden kertominen koettiin kuitenkin tärkeäksi. Kun ne olivat selvät, jopa osa kurssin ainesisällöstä saatettiin pystyä käsittelemään vierailun aikana kuten silmälasien linssien käyttö näön korjaamisessa tai materiaalien kierrättäminen ja perusteluja sille. Näin opintokäynti nivoutui tiukemmin kurssin ohjelmaan.

Materiaalit ympärillämme –opintojaksossa toivotaan, että oppilaat voisivat haastatella yrityksen asiantuntijoita eri aloilta. Puolessa yrityksistä koettiin kuitenkin vaikeaksi järjestää mahdollisuutta useiden työntekijöiden haastattelemiseen, koska tämä aika on pois työntekijöiden työskentelystä. Opettajien kertoman mukaan yrityksissä oppilaat saattoi ottaa vastaan henkilö, jolla ei ollut teknistä taustaa tai joka ei toiminut yrityksen tuotannossa. Tällaisen henkilön oli vaikea vastata oppilaiden tieteeseen tai teknologiaan liittyviin kysymyksiin. Toisaalta monet oppilaat valitsivat artikkelinsa aihealueeksi yrityksen ympäristöasiat, kansainvälisyyden tai vastaavan, jolloin tavattu yrityksen edustaja oli sopiva henkilö haastateltavaksi.

Edellä kuvattuja ongelmia vähensivät etukäteen yritykseen lähetetyt kysymykset. Tämä antoi yrityksen edustajalle joko mahdollisuuden etsiä sopivia haastateltavia oppilaille tai valmistautua itse paremmin esitykseensä. Kaikissa paitsi yhdessä yrityksessä kysymyslistaa pidettiinkin järkevänä ajatuksena ja puhujat myös hyödynsivät sitä. Joidenkin opettajien mukaan huolellinen ennakkovalmistautuminen mm. nettisivuihin tutustumalla ja kysymyksiä suunnittelemalla myös ohjasi oppilaiden kiinnostusta ja teki keskustelutilaisuudesta yrityksessä antoisan. Yritysten kotisivuilla yritykseen on helppo tutustua etukäteen ja sivuilla on myös opintokäyntien ennakkovalmistautumiseen soveltuvaa materiaalia.

4.2 POE-tehtävien käyttökokemukset

Materiaalit ympärillämme –opintojakson oppilaan materiaali sisältää yksinkertaisia POE (Predict, Observe, Explain) -tutkimustehtäviä, joissa materiaaleja kuvaavia malleja käytetään selittämään eri materiaalinäytteiden käyttäytymistä. Opintojakson POE-töitä tai omaan kurssisuunnitelmaan sovitettua variaatiota niistä kokeili neljä opettajaa.

Työmenetelmä koettiin helpoksi ottaa käyttöön. Oppilaat kannustivat toisiaan tekemään perusteltuja ennusteita. Oppilaan materiaalissa olevia ohjeita pidettiin selkeinä ja yksinkertaisina. Opettajien mukaan oppilaat innostuivat POE-tyyppisistä töistä perinteisiä oppilastöitä enemmän. Etenkin fysiikan töissä pyritään usein kohti tiettyä tulosta. Opintojakson POE-tehtävät ovat avoimempia ja siinä määrin kvalitatiivisia, että niiden ”epäonnistuminen” on epätodennäköistä. Oppilaita myös motivoi omien ennusteiden osuminen harhaan, jolloin he joutuivat POE-menetelmän idean mukaisesti arvioimaan omia ennakkokäsityksiään ja keskustelemaan niistä.

Opettajat näkivät opettajan roolin työnjohtajana edelleen olennaisena. Työparien ohjaaminen hedelmälliseen ajatteluun ja huolelliseen työskentelyyn oli edelleen tarpeen, vaikka työskentely sujui hyvin itsenäisesti. Osalle opettajista jäi tunne, että myös POE-tehtävät on järkevää tarkistaa työskentelyn lopuksi, mikä ei välttämättä ole ristiriidassa töiden tavoitteiden kanssa. Saaduista tuloksista voidaan keskustella luokassa ja yhdessä päätyä kohti materiaalin mallin oikeaa käyttöä.

POE-tehtäviä kritisoitiin siitä, että perustellun ennusteen voi tehdä muultakin pohjalta kuin käyttämällä materiaaleja kuvaavia malleja. Oppilas voi esimerkiksi perustella ennustetta aikaisemmalla kokemuksellaan tai tunnetuilla materiaalien ominaisuuksilla. Oppilaat olivat toimineet näin silloin, kun opettaja ei ollut erityisesti painottanut käyttämään ennusteen teossa opiskeltuja malleja.

4.3 Artikkelin kirjoittaminen oppimistehtävänä

Viisi kokeiluun osallistunutta opettajaa oli tehnyt yhteistyötä äidinkielen opettajan ja kaksi opinto-ohjaajan kanssa. Etenkin yhteistyö artikkelin kirjoittamisessa äidinkielen opettajan kanssa oli molemmin puolin hedelmällistä, koska opettajien mukaan äidinkielenopettajat pitivät oppilaita motivoituneempina, kun tekstilajin opiskelulle ja harjoittelulle oli merkitystä myös äidinkielen tuntien ulkopuolella. Toisaalta luonnontieteen tunteja säästyi muuhun opintojakson toimintaan. Osa äidinkielenopettajista oli myös innokkaita osallistumaan artikkelien kirjoittamisen ohjaamiseen opintokäynnin jälkeen ja käyttämään tuotettua artikkelia oman kurssinsa arvioinnin osana.

Opettajien haastattelussa nousi esille, että luonnontieteen tunnin puitteissa tehdystä yritysvierailusta kirjoitetun artikkelin arviointi on haastavaa. Arvioitavana ovat sisällölliset ja rakenteelliset seikat. Toisaalta sisältö voi olla hyvin moninaista, jos tehtävänanto on avoin.

Haastattelutilaisuuden jälkeen neljältä ryhmältä kerätyissä artikkeleissa hahmottuu karkea jako kahdentyyppisiin teksteihin. 58 oppilasta oli 1-4 hengen pienryhmissä kirjoittanut 22 artikkelia. Näistä noin puolet oli pääasiassa yritysesittelyn tyyppisiä tekstejä, jotka pyrkivät kohti objektiivista esittelyä yrityksen toiminnasta. Noin puolet artikkeleista oli pääasiassa henkilökohtaisempia ja vapaamuotoisia kertomuksia opintokäynnistä. Molempien tyyppisiin teksteihin oli myös yhdistetty oppikirjamaisia kappaleita, kun oli ollut tarvetta esitellä tieteellistä tietoa kuten materiaalien rakennetta.

Oppilaiden kirjoittamissa artikkeleissa luontevat viittaukset materiaaleihin ja niiden ominaisuuksiin olivat harvinaisia. Sen sijaan niissä tarkasteltiin lähes aina yritystä ja sen toimintaa. Yrityksen tuotteet tulivat esille mainintana ja materiaalien merkitys niissä jäi useimmiten selittämättä kokonaan. Tarkemmilla tehtäviksi annoilla voitaisiin ohjata oppilaita tarkastelemaan materiaaleja perusteellisemmin.

Opettajien mukaan kirjoitetuista artikkeleista välittyi oppilaiden positiivinen asennoituminen opintokäyntiin ja innostus työskentelyyn. Toisaalta kirjoitetut artikkelit paljastavat myös kielivaikeuksia ja väärinkäsityksiä. Opettajat pitivät mielekkäänä artikkelien palauttamista täydennettäväksi tai korjattavaksi oppilaille, mutta näkivät ryhmätöiden teettämisen kotityönä ongelmallisena.

5. Yhteenveto

Kokeilussa saatiin palautetta kehitetyn oppimateriaalin käytöstä ja ehdotuksia sen kehittämiseksi jatkossa. Eritoten kemian ja fysiikan aineenopettajat vaikuttavat tarvitsevan tukea kirjallisten tuotosten arviointiin, jotta kirjoitustehtäviä voitaisiin tehokkaasti käyttää opitun arvioinnissa. POE-tehtävien käyttö ja ohjeet oppilaille koettiin mielekkäiksi, mutta ilmeni, että oppilaita tulisi ohjata enemmän käyttämään aineen submikroskooppisia malleja, mikä voitaisiin ottaa huomioon opettajan ohjauksessa sekä oppilaan materiaalissa. Kaiken kaikkiaan materiaalia kokeilleet opettajat vaikuttivat tyytyväisiltä kehitettyyn materiaaliin ja opintojaksoa pystyttiin hyvin sovittamaan erilaisille ryhmille ja eri kursseille. Se toimi opettajien käyttämänä myös opetusta eheyttävänä jaksona, jossa yhdistyivät luonnontieteiden ja äidinkielen, mutta joissain kouluissa myös opinto-ohjauksen ainekohtaiset tavoitteet sekä opetussuunnitelmassa mainitut aihekokonaisuudet.

Materiaalin kehittämistä on tukenut EU:n 6:n puiteohjelman Materials Science –hanke (SAS6-CT-2006-042942).

Lähteet

Parvin, J., & Stephenson, M. (2004). Learning science at industry sites. Kirjassa M. Braund & M. Reiss (Toim.) Learning science outside the classroom (s. 129-149). New York, RoutledgeFalmer.

Braund, M., & Reiss, M. (2006). Towards a more authentic science curriculum: The contribution of out-of-school learning. *International Journal of Science Education*, 28, 1373-1388.

Design based research collective. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32 (1), 5-8.

Juuti, K., & Lavonen, J. (2006). Design based research in science education: One step towards methodology. *Nordisk tidsskrift i naturfagdidaktikk*, 42 (2), 54-68.

Kearney, M., & Treagust, D. F. (2000). An investigation of the classroom use of prediction-observation-explanation computer tasks designed to elicit and promote discussion of students' conceptions of force and motion. Artikkelit esitetty vuoden 2000 National association for research in science teaching annual meeting, New Orleans.

Lavonen, J., Loukomies, A., Meisalo, V., Ampuja, A., Juuti, K., Lampiselkä, J., & Jansson, J. (2009). *Materiaalit ympärillämme: Paperi, metalli ja muovi*. Helsinki, Taloudellinen tiedotustoimisto.

Loukomies, A., Lavonen J., Juuti, K., Lampiselkä, J., Meisalo, V., Ampuja, A., & Jansson, J. (2009). *Materiaalit ympärillämme: Paperi, metalli ja muovi: Opas opettajalle*, Helsinki, Taloudellinen tiedotustoimisto.

Opetushallitus, (2004). *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004*. Vammala, Vammalan kirjapaino Oy.

Palmer, D. (1995). The POE in the primary school: An evaluation. *Research in Science Education*, 25(3), 323-332.

Tynjälä, P. (1999). Towards expert knowledge? A comparison between a constructivist and a traditional learning environment in the university. *International Journal of Educational Research*, 31, 357-442.

White, R. V., & Gunstone, R., (1992) *Probing understanding*. Lontoo ja New York, The Falmer press.

Luokanopettajien käsityksiä ja kokemuksia tutkivasta kokeellisuudesta ja tarvittavista välineistä kemian opetuksessa (T)

Maija Rukajärvi-Saarela¹ & Maija Aksela²

¹ Tekniikan ja liiketalouden yksikkö Kokkola, Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoulu

² Kemian opetuksen keskus, Kemian laitos, Helsingin yliopisto

Artikkelissa esitellään tapaustutkimusta, joka on osa laajempaa kehittämistutkimusta. Koko tutkimuksen tavoitteena on kehittää alakoulun kemian opettamiseen täydennyskoulutusta, joka perustuu opetussuunnitelmaan, aikaisempaan tietoon ja luokanopettajien tarpeisiin. Tapaustutkimuksessa tarkasteltu täydennyskoulutustilaisuus järjestettiin keväällä 2008, ja sen aiheena oli kemian tutkiva opettaminen peruskoulun alaluokilla; erityistavoitteena oli saada tutkittua tietoa luokanopettajien tarpeista ja toiveista liittyen kemian opetusvälineisiin. Koulutuksen suunnitteluryhmässä oli tutkijan lisäksi 2 opettajaa, ja itse koulutukseen osallistui 15 luokanopettajaa. Tutkimusaineistoa on kerätty puolistrukturoitujen kyselyjen ja osallistuvan havainnoinnin sekä ryhmäkeskustelun avulla, ja se on analysoitu käyttäen laadullisen tutkimuksen menetelmiä. Tutkimuksen tuloksista ilmeni, että teoriatasolla kokeellisuus ja tutkiva oppimistapa on luokanopettajien tiedossa, mutta sen soveltaminen käytäntöön oppilaiden kanssa koetaan vaikeaksi. Heidän käsityksensä mukaan opettajan tehtävänä tutkivassa opiskelussa on ohjauksen ja opetuksen lisäksi järjestää tutkittavaa ja luoda opiskelu ympäristö sellaiseksi, että tutkiminen on mahdollista. Opettajat kokivat, että heidän omilla kouluillaan kemian opettamiseen ei ollut olemassa juuri välineitä. Toisaalta he kokivat myös suurta epävarmuutta siitä, mitä ja mistä välineitä ja tarvikkeita alakoululle pitäisi hankkia. Koulutuspäivinä käytetyistä välineistä saatujen kokemusten ja käytyjen keskustelujen perusteella laadittiin tarvikeluettelo, joka pitää sisällään yksinkertaisia välineitä ja aineita alakoulun fysiikan- ja kemianopetukseen.

1. Yleistä

Kemian ja fysiikan opetussuunnitelman perusteissa korostuu näiden oppiaineiden tutkiva ja elämyksellinen luonne. Luonnontieteelliseen ajatteluun on kasvettava havaintojen, kokemusten ja oivallusten kautta. Tällainen kokeellinen lähestymistapa oppiaineeseen edellyttää uusia opetuksen työtapoja, mutta myös sopivia tiloja ja opetusvälineitä. Perusopetuksen luokilla 1-6 opetus järjestetään yleensä tavallisissa luokkahuoneissa käyttäen yksinkertaisia välineitä. Monessa koulussa kuitenkin yksinkertaistenkin välineiden puute vaikeuttaa edelleen tavoitteiden mukaisen opetuksen järjestämistä. (Montonen 2007; POPS 2004)

Opetuksen kokeellisuudella voidaan osoittaa luonnontieteiden luonne kokeellisina tieteinä. Oleellista kokeellisuudessa on, että se on osa opetuksen jäsenneltyä kokonaisuutta ja se motivoi oppilaita. Kokeellisuuden toteuttaminen vaatii tietyt resurssit ja sen, että opettaja tietoisesti ottaa mukaan opetukseensa kokeellisuutta. Kemian kokeellisuus tulisi koulukohtaisessa Opetussuunnitelman perusteissa ilmaista riittävän tarkasti, sillä vain niiden avulla voidaan perustella tilojen, välineiden ja muiden resurssien tarvetta. (Lavonen & Meisalo 2008; Montonen 2003)

Koulujen opetussuunnitelmat ja niitä toteuttavat opettajat ovat avainasemassa kemian yleissivistyksen rakentajina; kemiaa olisi opetettava monipuolisesti ja oppilaita

kiinnostavasti huolimatta vähäisestä ajasta ja usein myös vähäisistä resursseista. Opettajalla tulisi olla mahdollisuus päivittää tietojaan ja osaamistaan säännöllisesti. Opettajien täydennyskoulutuksen tehtävä on turvata tulevaisuudessa taitavat ja myös kemiasta innostuneet opettajat. Tämä toteutuu, kun täydennyskoulutus lähtee koulun ja opettajien tarpeista, sillä opettaja hakeutuu sellaiseen täydennyskoulutukseen, joka vastaa hänen näkemyksiään ja tarpeitaan. Alueellista ja koulukohtaista täydennyskoulutusta tulee tukea ja ohjata. Suomessa kemian opetuksen täydennyskoulutusta ovat järjestäneet mm. Opetushallitus ja kunnat sekä Kemian opetuksen keskus sekä lisäksi useat järjestöt ja säätiöt: mm. MAOL ry, Kemianteollisuus ry sekä Suomalaisten Kemistien Seuran kemian opetuksen jaosto. (Aksela & Karjalainen 2008: 1, 19)

1.1 Kokeellisuuden rooli kemiassa

Kokeellisessa työskentelyssä pyritään siihen, että olosuhteet oppimiselle olisivat otolliset. Kokeellisen toiminnan eli konkreettisen tekemisen lisäksi oppitunnilla keskustellaan ja pohditaan asioita monipuolisesti niin opettajan johdolla kuin myös oppilaat keskenään. (Lavonen & Meisalo 2005).

Kokeellisen opetuksen tavoitteena on tukea oppilasta oppimaan eli nykyisen oppimiskäsityksen mukaan konstruoimaan uutta tietoa tai kehittämään hänen aiemmin omaksumia taitojaan. Tutkimuksellisuuden ja kokeellisen työskentelyn merkitystä voidaan perustella esimerkiksi luonnontieteellisten periaatteiden ja käsitteiden omaksumisella, oppimaan oppimisella, taitojen harjaannuttamisella, asenteiden kehittämisellä ja laajemmin koko oppilaan persoonallisuuden kehittämisellä. (Lavonen & Meisalo 2008). Tutkimukset osoittavat, että käytännön työskentely eli kokeellisuus vaikuttaa sekä opiskelumotivaatioon että tieteellisen tiedon ja taidon kehittymiseen (Aksela & Karjalainen 2008; Torn 2004; Lampiselkä 2003; Nakhleh, Polles & Malina 2002; Aksela & Juvonen 1999). Parhaimmillaan kokeellinen oppimisympäristö tarjoaa erinomaisen mahdollisuuden mielekkäälle ja merkitykselliselle oppimiselle, jossa oppilas harjaantuu korkeamman tason ajattelutaitojen käyttöön. Mielekäs kokeellisuus on olennainen osa merkityksellisen kemian oppimisessa. (Csikos & Aksela 2007; Aksela 2005)

Työtapojen monipuolisella käytöllä voidaan herättää oppilaiden kiinnostusta opiskella. Vaikka opettajajohtoista opiskelua ei haluttaisi vähentää, on kuitenkin aivan ilmeisesti lisättävä sellaisten työtapojen käyttöä, joissa oppilaita ohjataan työskentelemään pienissä ryhmissä ja käsittelemään tietoa itsenäisesti. Työtapojen monipuolisella käytöllä voidaan myös päästä monipuolisemmin opetukselle asetettaviin tavoitteisiin. Myös oppimateriaalin kehittämisestä ja erityisesti opettajien täydennyskoulutuksesta löytyy monia ratkaisuja, joihin näillä tuloksilla on vaikutusta. (Lavonen & Meisalo 2005)

1.2 Oppimateriaali ja tilat

Alakoulujen opettajat kokevat kemiallisten kokeiden tekoon vaadittavan välineistön puutteen, mukaan lukien turvallisuusasiat, hyvin akuutiksi ongelmaksi. He kokevat myös, että kemian tunnille meno ilman tarkkoja etukäteisvalmisteluja ei ole mahdollista, jos opetuksen on tarkoitus olla tutkivaa ja kokeilevaa. Etenkin luokanopettajat ovat epä tietoisia ja huolissaan siitä, miten he saisivat työympäristön kemian oppimiselle

sopivaksi, sillä oppiainetta kohtaan syntyvän motivaation kannalta oppimisympäristökin merkitsee paljon. (Rukajärvi-Saarela & Aksela 2007)

Oppimateriaali on keskeisessä asemassa varsinkin silloin, kun opettaja tuntee kemian opetuksen suureksi haasteeksi. Selkeät tutkimusohjeet, joiden toteuttaminen on mahdollista tavallisissa luokissa ja arkisin välinein, rohkaisevat opettajia ja oppilaita kokeilemaan ja tekemään tutkimuksia.

Harvoissa vuosiluokkien 1–6 kouluissa on erityinen luokka kemian opetusta varten ja kokeelliset työt on toteutettava ahtaissa luokkatiloissa, jotka ovat ahtaita jo luentotyyppiseenkin opiskeluun. Kaikissa opetustiloissa ei ole edes vesipistettä, joka kemian opetuksessa lienee vähimmäisvaatimus. Oikeiden työskentelytapojen ja työturvallisuuden oppiminen voi olla hankalaa, vaikka juuri hankalissa ja ahtaissa luokkahuoneissa ne muodostuvatkin erityisen keskeisiksi asioiksi. (Agge 2007)

2. Tutkimus

2.1 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimusongelmat

Tämän tapaustutkimuksen päätavoitteena on saada tietoa, millainen opiskeluympäristö, välineet ja materiaalit tukevat peruskoulun 5–6 luokilla kemian kokeellista ja tutkivaa opiskelua. Tutkimuskysymykset on pyritty muotoilemaan niin, että niihin annettujen vastausten avulla saadaan kuvattua hyvin luokanopettajien käsityksiä kemian opetuksesta ja opettamisesta alakoulussa.

Tutkimusongelmat:

1. Mikä on tutkimukseen osallistuvien luokanopettajien näkemys omasta valmiudestaan opettaa kokeellista ja tutkivaa kemiaa?
2. Mikä on tutkittavien käsitys opettajan roolista tutkivassa opiskelussa?
3. Millainen opiskeluympäristö tukee tutkivaa oppimista?

Tämä tapaustutkimus on osa kehittämistutkimusta, jonka tehtävät ovat:

1. Täydennyskoulutuksen suunnittelu ja toteutus
2. Selvittää, miten tutkittavat kokivat opettajan ja toisaalta oppijan roolin tutkivassa opettamisessa ja oppimisessa.
3. Tutkia, mitä kemian opetukseen liittyviä välineitä ja materiaaleja alakouluilla tarvitaan.

2.2 Tutkimusasetelma, aineisto ja menetelmät

Tutkimus on tapaustutkimus (Hammerslay & Foster 2000). Tutkimuksen toteutuksen lähtökohtana oli luokanopettajille suunnattu täydennyskoulutustapahtuma ”Kemian tutkiva opettaminen peruskoulun alaluokilla”. Tässä tapaustutkimuksessa tarkasteltu täydennyskoulutus järjestettiin keväällä 2008. Varsinaiseen täydennyskoulutukseen osallistui 15 luokanopettajaa, jotka edustivat saman kunnan kaikkia alakouluja. Toisena päivänä koulutustapahtumassa oli em. luokanopettajien lisäksi 16 viidesluokkalaista. Tutkimusote on kvalitatiivinen. Tutkimusaineistoa on kerätty puolistrukturoitujen

kyselyjen ja osallistuvan havainnoinnin sekä ryhmäkeskustelun avulla. Saatua laadullista aineistoa on analysoitu sisällönanalyysin keinoin käyttäen teemakohtaisia luokituksia ja tyyppivastauksia sekä poikkeavia vastauksia (Tuomi & Sarajärvi 2006).

Aineiston hankinnassa käytettyjen puolistrukturoitujen kyselylomakkeiden avokysymykset oli laadittu tutkimusongelmien pohjalta teemoittain. Näin saatua kyselyrunkoa on Alasuutarin (1993: 72–172) mukaan mahdollista käyttää apuvälineenä aineiston analysoinnin teemaluokittelussa. Havainnoinnista ja ryhmäkeskustelusta saatua dataa on käytetty lähinnä varmentamaan ja tarkentamaan kyselyillä saatuja tietoja. Ennen varsinaista koulutusta tehdystä alkukyselystä saatua laadullista aineistoa on käytetty hyväksi varsinaisen koulutustapahtuman sisällön ja ohjelman laatimiseen. Johtopäätöksiin ovat antaneet tietoa myös tapahtuman aikana tehtyt havainnot ja lopuksi tehty kurssiarviokysely ja ryhmäkeskustelu.

2.3 Tutkimustulokset ja niiden tarkastelua

Tutkimustuloksia tarkastellaan tutkimuskysymyksittäin.

2.3.1 Tutkittavien valmius opettaa tutkivaa kokeellista kemiaa

Koulutukseen osallistuneista opettajista vain yksi, syksyllä 2007 valmistunut, kertoi opiskelleensa kemiaa luokanopettajakoulutuksen yhteydessä. Muilla kyselyyn vastanneilla kemiantiedot ja -taidot olivat peräisin yläasteen ja lukion opiskeluajoilta.

”Kemian opiskelu taitaa olla peräti lukiopohjalla. Kemia oli mielestäni mielenkiintoista ja opiskelu monipuolista.” (Ope2)

”Lukiossa, kirjoitin 1985 - se oli vaikeaa ja pakkopullaa. (Omaan) huonon (tietopohjan)”. (Ope6)

Tutkimukseen osallistuneet opettajat pitivät kemiaa toiminnallisena, kokeilevana ja käytännönläheisenä oppiaineena, mutta käytännössä tämä ei ole helppoa toteuttaa. Lisäksi suurina ongelmina koettiin opetusryhmien suuret koot sekä välineiden ja tilojen niukkuus.

”(Kemiaa oppii parhaiten) pienryhmissä (!) toiminnan ja tutkimusten kautta. SUURI ONGELMA: Opetusryhmien suuret koot sekä tilojen ja välineiden niukkuus.” (Ope8)

Jo täydennyskoulutukseen tullessa opettajille oli teoriatasolla selvää, mitä tutkiva opettaminen tarkoittaa.

”Oppiminen ei ole vain ulkolukua tai opettajan luennointia. Opetukseen sisältyy myös käytännössä oppimista ja asioiden kokeilemistä ja konkretisointia.” (Ope6)

Opettajien mielestä tutkiva opettaminen vaatii hieman vaivaa opettajalta, mutta on yleensä antoisaa ja motivoi oppilaita oppimaan, koska oppilaat pääsevät itse kokeilemaan, havainnoimaan, tekemään oivalluksia ja niistä johtopäätöksiä, siis tekemään tutkimuksia ja myös laatimaan tutkimusselosteita.

Mutta kysyttäessä heiltä alkukartoituksessa, miten tutkivaa ja kokeellista lähestymistapaa käytännössä sovelletaan kemian opetuksessa, ilmeni, että heillä ei juuri ollut kokemusta asiasta riippumatta siitä, olivatko he kemiaa itse opettaneet vai eivät.

”Mutta uskon, että luonnontieteellistä tutkimusta ja oppimissykliä voi hyödyntää kemian oppimisessa. En vain ole päässyt vielä perehtymään asiaan. Tärkeintä näissä menetelmissä on se, että lapsi ei ole vain sivustakatsoja, vaan aktiivinen toimija.” (Ope9)

”Toivottavasti kuulemme sen koulutuksessa. Lähestymistapa pitäisi käsittääkseni kaikkiin oppiaineisiin olla yhtä innostava ja motivoiva. Siinä haastetta ala-asteen opettajille.” (Ope8)

Yksikään kyselyyn vastanneista ei ollut aiemmin osallistunut kemian opetuksen täydennyskoulutukseen.

2.3.2 Opettajan rooli tutkivassa opiskelussa

Ennen täydennyskoulutusta kyselyyn vastatessaan luokanopettajat määrittivät opettajan roolin tutkivassa opiskelussa hyvin monipuoliseksi: se vaatii paljon etukäteisvalmistelua, terävyyttä varsinaisessa oppimistilanteessa ja taitoa sitoa teoria ja käytäntö yhteen.

”Opettaja on valmistelija ja antaa ohjeet. Kannustava sivustaseuraaja ja opitun asian käsitteellistäjä.” (Ope9)

Lisäksi opettajan tehtäviksi mainittiin se, että hän luo opiskeluympäristön sopivaksi tutkimusten teolle sekä hankkii tarvittavan välineistön ja materiaalit. Tämä koettiin erittäin suureksi haasteeksi, koska opettajat olivat epätietoisia siitä, mitä tarvitaan ja mistä välineitä voi ja kannattaa hankkia. Vastauksissa korostettiin myös, että etenkin, kun kyseessä on alakoululaiset, tulee opettajan laatia selkeät ohjeet toiminnasta, innostaa ja edistää uteliaisuutta sekä tukea havaintojen tekemisessä.

2.3.3 Opiskeluympäristö tutkivassa oppimisessa

Tutkimukseen osallistuneiden opettajien kouluilla kemian opetus tapahtuu normaalissa luokkahuoneessa. Tutkimusvälineitä ja materiaaleja kouluilla ei juuri ole tai ne ovat vanhoja ja epäkurantteja. Opettajilla ei ole täysin edes selvillä, mitä kemiaan liittyvää välineistöä kouluilta ehkä löytyy. Kun lisäksi luokkahuone on ahdas suuren oppilasmäärään vuoksi, tapahtuu kemian opetus pitkälti kirjasta opiskelemalla. Yhteisten teemapäivien puitteissa kylläkin kokeiden tekeminen on mahdollista.

Kysymykseen *Minkälaiset opetustilat mielestäsi parhaiten palvelisivat tutkimalla oppimista?* kaikki vastanneet nostivat tärkeimmäksi asiaksi riittävän suuret ja toimivat tilat, jossa oppilaat sopisivat työskentelemään ryhmätyöpöytien ympärillä. Tilojen muunneltavuus ja turvallisuus nousivat myös esille. Ainakin yksi vesipiste on myös ehdottomasti oltava luokassa.

Opettajien keskuudessa vallitsi suuri epätietoisuus siitä, mitä välineitä ja materiaaleja alakouluilta oikeastaan pitäisi löytyä kokeilevan ja tutkivan kemian opetusta varten. He odottivat täydennyskoulutukselta ensinnäkin kovasti vinkkejä erilaisiin kokeisiin ja tutkimuksiin, jotka olisivat käytännönläheisiä ja toteuttamiskelpoisia vähäisillä välineillä ja toiseksi myös tietoja siitä, mistä ja mitä materiaaleja ja välineitä olisi ensi sijassa kannattavaa hankkia.

”Hyviä ohjekortteja kokeisiin, mallikappaleita ja ohjeita, miten itse voisi helposti tehdä koevälineitä, ja mistä kannattaa ostaa edullisia välineitä.” (Ope3)

2.3.4 Koulutustapahtuma

Varsinaiseen täydennyskoulutukseen osallistui 15 luokanopettajaa, jotka edustivat saman kunnan kaikkia alakouluja. Toisena päivänä koulutustapahtumassa oli em. luokanopettajien lisäksi 16 viidesluokkalaista. Koulutustapahtuman ohjelma rakennettiin hyödyntäen aikaisempaa teoretietoa, opetussuunnitelmaa ja kouluttajien jo aikaisemmilta täydennyskoulutuskursseilta saatua tietoa (mm. Rukajärvi-Saarela & Aksela 2007), joita täsmennettiin tälle opettajaryhmälle tehdyllä alkukyselyllä.

Ensimmäinen päivä aloitettiin lyhyellä luennolla ja keskustelulla siitä, miten opetussuunnitelma ja sieltä nouseva konstruktiivinen oppimiskäsitys ohjaavat myös kemian opetusta. Lisäksi pohdittiin opettajan roolia luonnontieteille ominaisessa tutkivassa ja kokeellisessa opetuksessa ja oppimisessä. Sitten käytiinkin konkreettisesti käsiksi tutkivaan ja kokeelliseen oppimiseen opetussuunnitelmasta poimittujen ilmiöiden ja käsitteiden pohjalta suunniteltujen laboratoriotöiden kautta. Päivä päätettiin loppukoontiin ja mielenkiintoisiin pohdintoihin tehtyjen töiden sopivuudesta 5. -6. luokkalaisille, niissä tutkituista ilmiöistä, kemiallisista käsitteistä ja työtavoista sekä materiaaleista ja välineistä.

Toisena päivänä oli varattu aluksi noin puoli tuntia aikaa siihen, että työpistetyöskentelynä suoritettavat työt käytiin läpi opettajien kanssa ja samalla varmennettiin muutamia kemiaan liittyviä käsitteitä ja työtapoja. Viidesluokkalaiset tulivat mukaan varsinaiseen työskentelyosioon. Käytännössä opettajista muodostetut työparit saivat ryhmäänsä kaksi oppilasta. Opettaja toimi siis toisaalta tutkivana oppijana, mutta samalla oman työryhmänsä oppilaille myös tutkivana opettajana. Ennen kuin oppilaat poistuivat, käytiin yhdessä kokoava keskustelu tehdyistä tutkimuksista, niissä esille tulleista ilmiöistä ja keskeisistä käsitteistä. Oppilaat saivat kotitehtäväksi kirjoittaa vihkoonsa kemiankurssista koosteen kotona. Opettajien kanssa käytiin vielä loppukoonti ja palautekeskustelu koulutuksesta.

2.3.5 Opettaja mahdollistaa tutkivan opiskelun

Loppukyselyssä ja ryhmäkeskustelussa pohdintoja aiheutti erityisesti opettajan rooli tutkivassa opetuksessa. Opettajien kannanotoissa todettiin, että opettajan tehtävänä on järjestää tutkittavaa sekä materiaalit, tilat ja välineet. Hänen on tunnettava opetussuunnitelma niin hyvin, että hän voi valita sopivia töitä. Niitähän on tänä päivänä saatavissa paljon eri (oppi)kirjoissa kuin myös internetissä. Kriittisyys on paikallaan töitä

valittaessa. On myös muistettava, että jonkin asian opettamiseen on suljettu, tarkasti ohjattu työohje oikein hyvä (esimerkiksi nesteen mittaamisen tai pipetoinnin opettamiseen). Avoin tehtävä on taas luonnontieteellisen tutkimuksen tekemiseen jossakin muussa parempi (esimerkiksi erilaisten erotusmenetelmien opetteluun *Kokkipojan suolat rantahiekalla* -työssä). Mikään ei kuitenkaan vie opettajalta opetus- ja ohjaustehtävää, sillä onhan opettaja aina vastuussa opetuksesta ja oppimisesta luokassaan. Opettajan on huolehdittava siitä, että oppimisen yksi kulmakivi, nimittäin loppukoonti, sekä käsitteiden tarkentaminen tulee aina ottaa jollakin tavalla mukaan.

2.3.6 FyKe -tarvikelaatikko sai sisältönsä

Koulutuspäivien aikana yksi tärkeä keskustelun ja kehittelyn aihe oli alakouluilla tarvittavat työvälineet ja materiaalit. Opettajat arvioivat kurssilla käytettyjä materiaaleja ja välineitä sekä miettivät, mitä muuta olisi vielä lisäksi tarpeen hankkia. Käytyjen keskustelujen ja saadun palautteen pohjalta laadittiin alakoulun fysiikan- ja kemian opetusta palvelevan FyKe -tarvikelaatikon sisältö, joka on esitetty alla.

FyKe -tarvikelaatikko alakouluille

- | | |
|---|---|
| • iso muovinen karkkirasia | • sähkölevy |
| • erikokoisia lasipurkkeja (3 erilaista) | • minigrip -muovipusseja (kahta eri kokoa) |
| • iso leveäsuinen lasipurkki | • sinitarraa |
| • mittalasit 100/50/10, yksi jokaista | • tuikkuja |
| • muovipulloja (2) | • tulitikkuja |
| • keitinlasi 250 | • kaakeleita |
| • pyykkipoikia sekä koeputkipihdit | • suodatinpusseja |
| • pipettejä | • tuorekelmu, folio |
| • muovilusikoita (ruoka- ja teelusikoita) | • ilmapalloja ja kertakäyttökäsineitä |
| • lämpömittari | • etikkaa |
| • veitsi | • suolaa ja sokeria myös sokeripaloja |
| • sakset | • leivinjauhetta ja soodaa |
| • juomapillejä | • punakaalia (mustikoita) |
| • jääkuutiorasia | • puhdistusaineita (astianpesuaine, pyykinpesuaine, siivousaine, konetiskiaine, pyykinhuuhteluaine) |
| • siivilä | • rypsiöljy |
| • pulloharja | • hiekkaa |
| • filmirullakoteloita | |
| • muovisia pakasterasioita (4) | |
| • kattila | |

3. Johtopäätöksiä ja pohdintaa

Teoriatasolla on kokeellisuus ja tutkiva oppimisote luokanopettajien tiedossa, mutta sen soveltaminen käytäntöön oppilaiden kanssa koetaan vaikeaksi. Koulutustapahtuma oli järjestetty nyt niin, että mukana oli myös viidesluokkalaisia, jotta opettajat saattoivat konkreettisesti päästä tutkivaan oppimiseen ja opettamiseen käsiksi. Koska kouluttajia oli tapahtumassa mukana kolme, oli heidän mahdollista toimia kiertelevinä asiantuntijoina. Työskentelyn aikana voitiin käydä pohdintoja ja keskusteluja laboratoriotutkimuksia tekevien opettajien ja oppilaiden kanssa. Luokanopettajat kokivat, että he saivat arvokasta

kokemusta todellisesta opiskelutilanteesta. Erityisesti korostui kokeellisen työn yksi tärkeimmistä vaiheista, tulosten pohtiminen. Silloinkin, kun kokeellisuuden tavoitteena on pelkästään motorisen taidon harjaannuttaminen (esimerkiksi pipetointi) tai työvälineisiin tutustuminen, on syytä pohtia, miksi kyseisiä välineitä käytetään tai miksi välineet ovat tietynlaisia. Onnistunut luonnontieteellinen tutkiminen vaatii juuri oikeanlaiset menetelmät ja välineet, kuten on todettu esimerkiksi Aksela & Karjalaisen tutkimuksissa. (Aksela & Karjalainen 2008, 106)

Oppilaiden mukanaolo täydennyskoulutuksen toisena päivänä oli erilainen, mutta positiivinen kokemus opettajille; pääsiväthän he harjoittelemaan oppijan roolin lisäksi opettajan roolia tutkivassa opiskelussa. Nyt heillä oli käytännössä mahdollista pienryhmissä päästä yhdessä oppilaiden kanssa pohtimaan laboratoriotöissä tehtäviä valintoja ja ratkaisuja oikein ajan kanssa. He kertoivat, että oli mielenkiintoista kuunnella oppilaiden ajatuksenjuoksua ja perusteluita, eikä tarvinnut koko ajan olla kiirehtimässä seuraavan oppilaan luo. Opettaja toimii tutkivana oppijana, mutta toisaalta hän toimii myös tutkivana opettajana ja asiantuntijana ryhmässään, vaikka koulutustilanteessa kun oltiin, hän saattoi helposti kääntyä kiperän kysymyksen kohdatessaan kouluttajan puoleen. Koulussahan opettaja on ainut luokassa oleva oppimisen asiantuntija. Kuten Lavonen & Meisalo (2005) toteavat, tutkivaa opiskelua lieene tehokkainta viedäkin eteenpäin niin, että opiskelu tapahtuu opettajan johdolla siten, että hän välillä esittää uutta tietoa, välillä osoittaa, kuinka kyseistä tietoa käytetään ongelmien tai tehtävien ratkaisemisessa sekä välillä johtaa keskustelua luokassa. Tässä täydennyskoulutuksessa opettajat saivat harjoitella tätä omassa pienryhmässään. Myös Bransford, Brown ja Cocking (2000) perustelevat tutkimukseen nojaten, että vain opettaja pystyy sopivia kysymyksiä apuna käyttäen ohjaamaan oppilaita ilmaisemaan selityksiä havaituille ilmiöille tai auttamaan oppilaita tekemään johtopäätöksiä ja ymmärtämään käsitteitä. Täydennyskoulutuksen opettaja-oppilasryhmissä toimittiin juuri tällä tavalla ja tämä todettiin toimivaksi.

Tutkimus osoittaa, että kemian ja fysiikan täydennyskoulutustarve on edelleen suuri. Yllättävää oli, että hyvin harvassa ovat ne luokanopettajat, jotka ovat omassa opettajankoulutuksessaan saaneet minkäänlaista kemian opetusta, eikä tässä täydennyskoulutuksessa olleen kunnan luokanopettajista kukaan ole ollut aikaisemmin kemian täydennyskoulutuksessa. He olivat erittäin tyytyväisiä, kun täydennyskoulutus oli tuotu heitä lähelle ja he saivat olla opiskelemassa ja pohtimassa asioita yhdessä kunnan toisten koulujen opettajien kanssa. Alueellista ja koulukohtaista täydennyskoulutusta on siis syytä tukea ja ohjata edelleenkin.

Tutkimuksen tuloksista käy ilmi, että luokanopettajat tullessaan koulutukseen kokivat, että heidän omilla kouluillaan ei kemian opettamiseen ollut olemassa juuri välineitä eikä materiaaleja. Toisaalta he kokivat myös suurta epävarmuutta siitä, mitä välineitä ja tarvikkeita alakoululle pitäisi hankkia ja mistä niitä voisi ostaa. Koulutuksen aikana käytettiin erilaisia materiaaleja ja välineitä, niistä keskusteltiin ja pohdittiin ryhmissä. Koulutuspäivinä käytetyistä välineistä saatujen kokemusten ja käytyjen keskustelujen perusteella laadittiin FyKe -tarvikeluettelo, joka on esitetty tutkimustuloksissa. Käytännössä ko. kunnan kaikille alakouluille toimitettiin kyseiset tarvikelaatikat syksyllä 2008. Jatkossa on mielenkiintoista tutkia, miten kyseiset FyKe -tarvikelaatikat ovat soveltuneet tehtäväänsä.

Lähteet

- Agge, K. (2007). Vuosiluokilla 5–6 opiskellaan kemiaa. Kirjassa M. Aksela & M. Montonen (Toim.) Uusia lähestymistapoja kemian opetukseen perusopetuksesta korkeakouluihin. Valtakunnalliset kemian opetuksen päivät 29.-30.3.2007 Helsinki (s. 29-34). Helsinki, Yliopistopaino Oy.
- Aksela, M. (2005). Supporting Meaningful Chemistry Learning and Higher-order Thinking through Computer-Assisted Inquiry: A Design Research Approach. Helsinki, Yliopistopaino Oy. <http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/mat/kemia/vk/aksela/>, luettu 21.03.2009.
- Aksela, M. & Juvonen R. (1999). Kemian opetus tänään [Chemistry Education Today]. Helsinki, Opetushallitus.
- Aksela, Maija & Karjalainen, Veikko (2008). Kemian opetus tänään. Helsinki, Kemian opetuksen keskus, Helsingin yliopisto.
- Alasuutari, P. 1993. Laadullinen tutkimus. Jyväskylä, Vastapaino.
- Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. C. (Eds.) (2000). How People learn: Brain, Mind, Experience, and School. Washington D.C., National Academy Press.
- Csikos, J., & Aksela, M. (2007). Mielekästä kokeellisuutta kemian opetukseen. Kirjassa M. Aksela & M. Montonen (Toim.) Uusia lähestymistapoja kemian opetukseen perusopetuksesta korkeakouluihin. Valtakunnalliset kemian opetuksen päivät 29.-30.3.2007 Helsinki (s. 284-290). Helsinki, Yliopistopaino Oy.
- Hammerslay, M., & Foster, P. (2000). Introduction. Kirjassa R. Gomm, M. Hammerslay, & P. Foster (Toim.). Case study method. Key issues, key texts. London, Sage.
- Lampiselkä, J. (2003). Uudentyyppinen demonstraatio-opetus tehostaa oppimista. Research report no. 102. Department of Chemistry, University of Jyväskylä.
- Lavonen, J., & Meisalo, V. (2005). Kokeellisuus opetussuunnitelmassa. Opetushallitus. <http://www.edu.fi/pageLast.asp?path=498,1329,1520,21839,48358,48359>, luettu 21.03.2009.
- Lavonen, J. & Meisalo, V. (2008). Opetuksen kokeellisuus. <http://www.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/kokeel/lahestymist/index.htm>, luettu 21.03.2009
- Montonen, M. (2003). Uudistuva lukion kemian opetussuunnitelma. Dimensio, 6/2003, 14–15.
- Montonen, M. (2007) Kemian opetuksen tila. Kirjassa M. Aksela & M. Montonen (Toim.) Uusia lähestymistapoja kemian opetukseen perusopetuksesta korkeakouluihin. Valtakunnalliset kemian opetuksen päivät 29.-30.3.2007 Helsinki (s. 9–11). Helsinki, Yliopistopaino Oy.
- Nakhleh, M., Polles, J., & Malina, E. (2002). Learning chemistry in a laboratory environment. Kirjassa J. K. Gilbert, O. De Jong, R. Justi, D. F. Treagust, & J. H. Van Driel (Toim.) Chemical education: towards research-based practice (s. 69-94). Netherlands, Kluwer Academic Publishers.

POPS. (2004). *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004*. Vammala, Vammalan Kirjapaino Oy.

Rukajärvi-Saarela, M., & Aksela, M. (2007). Tutkiva lähestymistapa kemian opettamisessa – tapaustutkimus luokanopettajien täydennyskoulutustarpeesta kemiassa. Kirjassa M. Aksela & M. Montonen (Toim.) *Uusia lähestymistapoja kemian opetukseen perusopetuksesta korkeakouluhin*. Valtakunnalliset kemian opetuksen päivät 29.-30.3.2007 Helsinki (s. 92–100). Helsinki, Yliopistopaino Oy.

Torn, E. (2004). Kemia on kivaa. Tutkimus luonnontieteellisesti lahjakkaiden peruskoulun 9. luokkalaisten käsityksistä kemian opetusjärjestelyistä. *Tutkimuksia* 254. Helsingin yliopiston soveltavan kasvatustieteen laitos.

Tuomi, J., & Sarajärvi, A. (2006). *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi*. Helsinki, Tammi.

III Toinen aste

Ainemäärän käsitteellisen oppimisen kehittäminen oppimissyklin avulla (T)

Tuula Räsänen & Jan Lundell

Aineenopettajakoulutus, Kemian laitos, Jyväskylän yliopisto

Ainemäärä-käsitteen oppiminen koetaan vaikeaksi. Opiskelijat määrittävät ainemäärän usein laskukaavojen avulla, jolloin käsitteen ymmärtäminen jää toissijaiseksi. Tutkimuksen mukaan oppilaat kokevat, että ainemäärän oikeanlainen käyttäminen on tärkeämpää kuin käsitteen ymmärtäminen. Tässä tutkimuksessa on kehitetty oppimissykliin perustuva ainemäärän opetusmalli, joka tukee opiskelijoiden käsitteellistä oppimista. Opetusmalli on kolmivaiheinen ja se sisältää opiskelijoiden tekemän tutkimuksen. Kun opiskelijat itse määrittävät ainemäärän käsitteen, he sisäistävät käsitteen paremmin. Tällöin myös käsitteen soveltaminen helpottuu.

1. Ainemäärän oppiminen

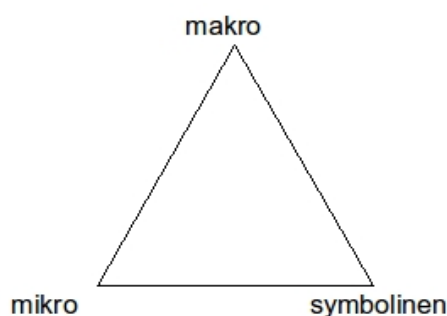
Kemian opetuksessa käytetään monia erilaisia malleja kuvaamaan luonnontieteellisiä ilmiöitä tai käsitteitä. Mallit ovat keinoja esittää hypoteettinen suhde, joka parhaassa tapauksessa tukee käytännön kokemusta (Wellington 1989). Ainemäärä on abstrakti käsite, minkä takia sitä on vaikea selittää malleilla ja analogioilla (Gabel 1999). Tämän takia ainemäärän käsitteellinen oppiminen eli käsitteen syvä ymmärtäminen on opiskelijalle ongelmallista (Myers 1989; Larson 1997; Claesgens & Stacy 2003; Furio, Azcona & Guisasola 2002). Käsitteellinen ymmärtäminen voidaan määrittää oppijan kykynä liittää uusi opittava asia aikaisemmin opittujen asioiden joukkoon eli oppijan on pystyttävä liittämään havaintonsa ja kokemuksensa ilmiöstä sekä strategiat ilmiön tutkimisesta toisiinsa (Driver 1981).

Käsitteiden välisten suhteiden ymmärtäminen ja ainemäärän käsitteen sujuva soveltaminen edellyttää käsitteellistä oppimista. Luonnontieteen opetuksen tulisi keskittyä ajattelun kehittämiseen (Sahlberg 1991), mutta tutkimusten mukaan esimerkiksi ainemäärän tapauksessa oppilaiden tietämyksen on havaittu olevan pinnallista ja perustuvan ulkomuistiin (Larson 1997; Claesgens & Stacy 2003). Yllättävän usein pinnallista tietoa ei pyrittykään ymmärtämään, koska oppilaat eivät olleet kiinnostuneita perusteluista. Oppilaat eivät ole välttämättä kiinnittäneet huomiota ainemäärän käsitteelliseen ymmärtämiseen. Syynä voi olla myös, etteivät oppilaat ole kokeneet käsitteellistä oppimista tärkeäksi. Oppilaat olivat ehkä kokeneet, että käsitteen oikeanlainen käyttäminen on tärkeämpää kuin käsitteen ymmärtäminen. Tutkimusten mukaan ”oppilailla ei näytä olevan tarvetta tietää perusteluista, miksi jokin asia on, niin kuin se on, tai mitä siitä seuraa, että asia on näin” (Sahlberg 1991). Seurauksena on, että opiskeltavat asiat jäävät pinnallisiksi, eikä käsitteellistä ymmärtämistä tapahdu.

1.1 Johnstonen kolmitasomalli

Gabel pohtii kemian oppimisen luonnetta artikkelissaan (Gabel 1999) ja selvittää kemian oppimisen vaikeutta Johnstonen kolmitasomallin avulla (ks. Kuva 1). Ainemäärän

käsitteeseen, kuten kemiaan yleensä, liittyvät Johnstonen määrittelemät kolme tiedon tasoa eli makroskooppinen, mikroskooppinen ja symbolinen taso (Johnstone, 1991). Makroskooppinen taso kuvaa tässä tapauksessa konkreettisesti havaittavaa ainetta, jota käsitellään laboratoriossa tai oppitunneilla. Mikroskooppista tasoa vastaavat atomit ja molekyylit, joiden lukumäärästä yhdessä moolissa saadaan tarkka arvio ainemäärän käsitteeseen liittyvän Avogadron vakion kautta. Symbolinen taso eli esimerkiksi reaktioyhtälöt yhdistyvät ainemäärän käsitteeseen silloin, kun ratkaistaan ainemäärätehtäviä.



Kuva 1. Johnstonen kemian kolmitasomalli (Gabel 1999).

Kemian oppimista ja opettamista auttaa Johnstonen kolmen tason välisten suhteiden ymmärtäminen (Dori & Hameiri 1998), jotka kuvaavat, miten kolme eri tiedon tasoa liittyvät toisiinsa (Uthe 2002). Gabel ja Hunn toteavat, että opiskelijoilla on vaikeuksia ymmärtää, miten symbolinen taso liittyy mikro- ja makroskooppiseen tiedon tasoihin (Gabel & Hunn 1987). Esimerkiksi, jos opiskelija ei ole ymmärtänyt aineen makroskooppisten ominaisuuksien yhteyttä atomimalliin, on ainemäärän käsitteellinen ymmärtäminen vaikeaa (Claesgens & Stacy 2003).

Ainemäärän käsitteestä esiintyy monia virhekäsityksiä, jotka liittyvät usein tiedon eri tasojen sekoittamiseen tai suhteiden väärinymmärryksiin. Opiskelijat sekoittavat ainemäärän käsitteen usein massa- tai Avogadron vakioon. Myös ainemäärään liittyvien käsitteiden samankaltaisuus on kirjaimellisesti hämmentänyt oppilaita (Claesgens & Stacy 2003; Dierks 1981; Novick & Menis 1976). Taulukossa 1 on esitetty eri käsitteiden suhteita ainemäärään.

Taulukko 1. Eri käsitteiden suhde ainemäärään.

Käsite	Käsitteen suhde ainemäärään
Massa, m	$m = nM$
Moolimassa, M	$M = m/n$
Atomimassa, u	$u = 1 \text{ g} / N_A = 1 \text{ g} / (N/n) = 1 \text{ g} \cdot n / N$
Konsentraatio, c	$c = n/V$
Tilavuus, V	$V = n/c$
Hiukkasten lukumäärä, N	$N = nN_A$

Monissa kemian opetuksen tutkimuksissa on havaittu, että aineen mikroskooppisen ja makroskooppisen tason sekoittaminen aiheuttaa virhekäsityksiä (Larson 1997). Ainemäärä käsitteen ymmärtäminen ratkaisee edellä mainitun ongelman makroskooppisen ja

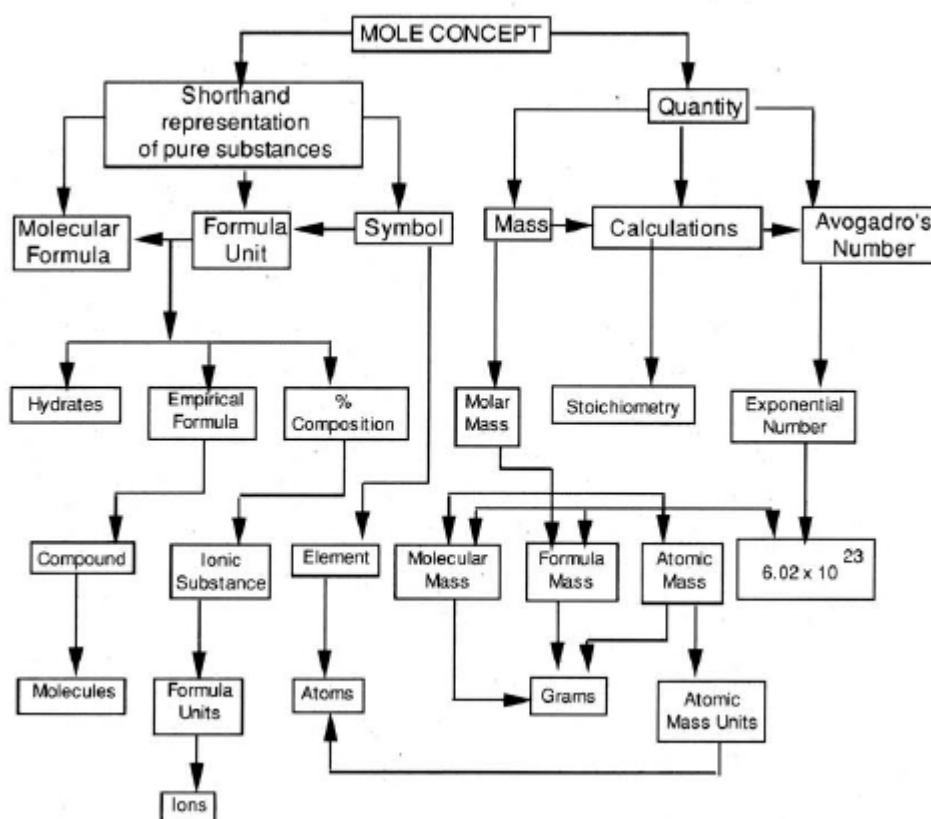
mikroskooppisen tiedon tason yhdistämisestä (Staver & Lumpe 1995). Jotta pystytään työskentelemään laboratoriossa näkyvän aineen kanssa, mutta silti käsittelemään näkyvän aineen erikseen laskettavia yksiköitä esimerkiksi atomeja tai molekyyliä, tarvitaan ainemäärän käsitettä.

1.2 Käsitekartat oppimisen apuna

Ainemäärä on käsite, johon liittyy paljon toisia käsitteitä, minkä takia käsitekartat voivat auttaa käsitteen muodostamisessa. Käsitekarttojen avulla oppilaat pystyvät yhdistämään keskeisimmät käsitteet ja periaatteet jäsennellyksi kokonaisuudeksi sen sijaan, että opiskelisivat sisällöt ulkoa (Novak 2002). Luonnontieteen opetuksessa on havaittu, että oppilaat usein lukiessaan keskittyvät muuhun kuin sisällön ymmärtämiseen (Sahlberg 1991), mikä ei tue opiskelijoiden käsitteellistä oppimista.

Novakin mukaan käsitteiden merkitykset kasvavat, kun käsitteitä liitetään toisiinsa (Novak 2002). Käsitekartat sisältävät käsitteiden lisäksi niiden välisen toiminnan eli kuinka käsitteet liittyvät toisiinsa. Jos huomataan käsitteen yhteys useaan aiemmin opittuun käsitteeseen, muodostuu uudesta käsitteestä niin sanottu yläkäsite. Yläkäsite kokoaa alleen useita muita käsitteitä, jolloin se parhaassa mahdollisessa tapauksessa voi auttaa laajemminkin oppiaineen ymmärryksessä. Ainemäärä voidaan määritellä yhdeksi kemian yläkäsitteeksi ja näin ollen käsitekartat voivat auttaa ainemäärän oppimista. Käsitekartat selventävät käsitteiden välisiä suhteita, jotka koetaan ainemäärän käsitteen oppimisessa haastaviksi. (Claesgens & Stacy 2003; Dierks 1981; Novick & Menis 1976)

Käsitekartat ja miellekartat eivät ole sama asia. Käsitekartat kuvaavat eri asioiden välisiä tapahtumia eli kartoissa itsessään on ilmaistu toimintaa eri asioiden välillä (Novak 2002). Miellekartassa esiintyvät pelkät käsitteet ilman käsitteitä yhdistäviä sanoja, minkä takia miellekarttoja käytetään esimerkiksi muistiinpanoja tehtäessä (Sahlberg, Meisalo, Lavonen, & Kolari 1993). Kuvassa 2 esitetään yksi tapa jäsentää ainemäärään liittyvät käsitteet miellekartaksi.

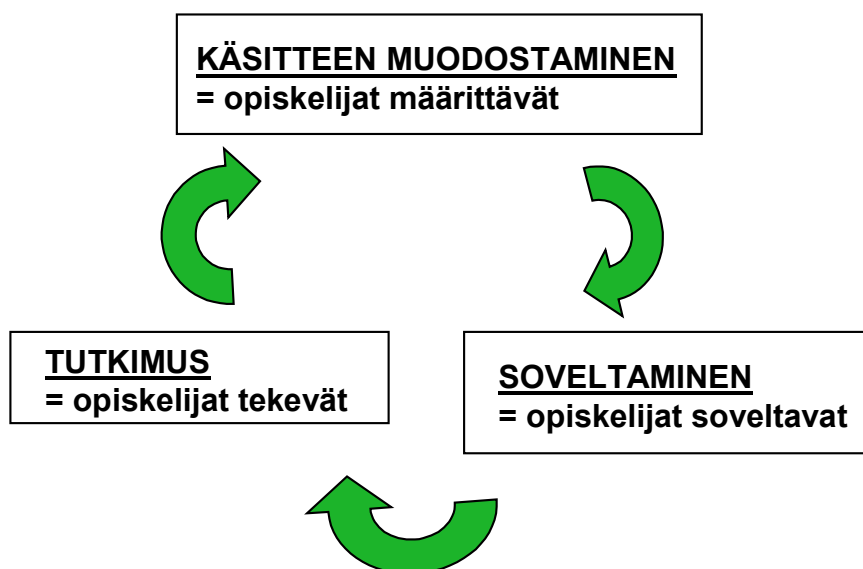


Kuva 2. Miellekartta ainemäärästä (Krishan & Howe 1994).

Taulukossa 1 esitetyt käsitteet löytyvät myös ainemäärän miellekartasta (ks. Kuva 2). Esimerkiksi Avogadron vakio on yhteydessä sekä laskuihin että lukumäärään. Lukumäärä tarkoittaa kemialliseen reaktioon osallistuvien partikkelien lukumäärää, joten kyseessä on mikroskooppinen tiedon taso. Laskut taas kuvaavat symbolisen tiedon tasoa. Jo yhdessä käsitteessä yhdistyvät kaksi tiedon tasoa, mikä vaikeuttaa oppimista (Larson 1997). Kuvan 2 perusteella ei pystytä suoraan sanomaan, missä eri tiedon tasoihin liittyvät käsitteet sijaitsevat, vaan käsitteet hajaantuvat ympäri miellekarttaa. Tämä kuvaa myös kemian käsitteisiin liittyvää moniulotteisuutta, jota ymmärtämisen kehittyessä pyritään selkeyttämään.

2. Oppimissykli ainemäärän opetuksessa

Tutkimuksessa on kehitetty oppimissykliin (Sahlberg 1991) perustuva opettamismalli, joka tukee opiskelijoiden käsitteellistä oppimista. Oppimissykli perustuu induktiiviseen päättelyyn, jonka lähtökohtana ovat yksittäiset yksityiskohdat, joista edetään kohti määritelmää tai käsitettä. Induktiivisella päättelyllä haetaan yksittäisten tietojen välille riippuvuuksia, joiden avulla käsite muodostetaan (ks. Kuva 3).



Kuva 3. Oppimissykli (mukailtuna Sahlberg, 1991).

Oppimissyklin tutkimusosuuden kuuluu selittää käsitteiden väliset suhteet kokeellisen työskentelyn avulla, jolloin soveltamisvaiheessa eli esimerkiksi ainemäärälaskuissa ei enää esiinny käsitteellisiä ongelmia. Oppimissyklin käsitteen muodostamisessa ainemäärän käsite määritellään ja käsitteelle annetaan nimi. Jos ainemäärän käsite on ymmärretty, eivät laskuesimerkit oppitunneilla ole enää pelkkiä laskuja, vaan kemia tehtävien taustalla tulee ymmärrettävämmäksi. Toisin sanoen ainemäärän käsitteellinen ymmärtäminen auttaa ymmärtämään kemiaa laajemmin ja laskuesimerkit ymmärretään makroskooppisen ilmiön havainnollistajana (Räsänen 2009).

2.1 Tutkimuksen järjestely ja tutkimuskysymykset

Tutkimuksessa käytetyt tutkimuskysymykset ovat:

1. Miten ainemäärän oppimista voidaan edesauttaa?
2. Miten oppimissykli voi auttaa ainemäärän opiskelussa ja opettamisessa?

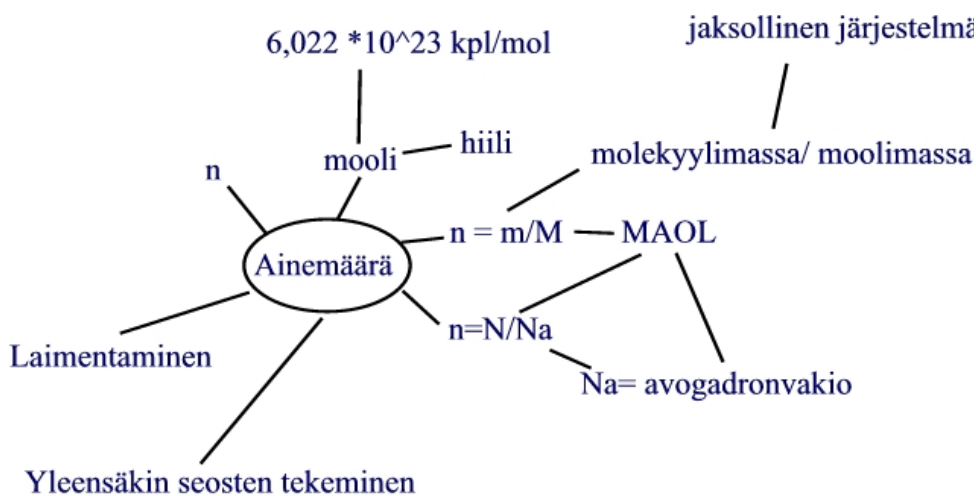
Tutkimusaineistoon, jonka avulla vastauksia tutkimuskysymyksiin selvitettiin, kuului sekä yläkoululaisia että lukiolaisia. Yläkoululaisten ja lukiolaisten käsityksiä ainemäärästä selvitettiin pyytämällä heitä tekemään miellekartta ainemäärään liittyvistä asioista. Tutkimusaineisto koottiin lomakkeella, johon oli kirjoitettu tehtävänanto apukysymyksineen. Kysely teetettiin sekä lukiossa että yläkoulussa. Hankasalmen lukiossa vastaajia oli 25 kpl, Helsingissä LUMA-keskuksen lukioikäisten tiedekurssilla 9 kpl, Kuuhankaveden koulussa (yläkoulu) 50 kpl ja LUMA-keskuksen kemian peruskouluikäisten tiedeleirillä 8 kpl.

Vastauspaperin keskelle oli piirretty ainemäärä-sana, jonka tarkoituksena oli keskittää vastaajien huomio ainemäärään. Vastaajia kehoitettiin kirjoittamaan kaikki mieleen tulevat,

ainemäärään liittyvät asiat, kuvaan ainemäärä – sanan ympärille. Lomakkeessa olleet apukysymykset olivat (Räsänen 2009):

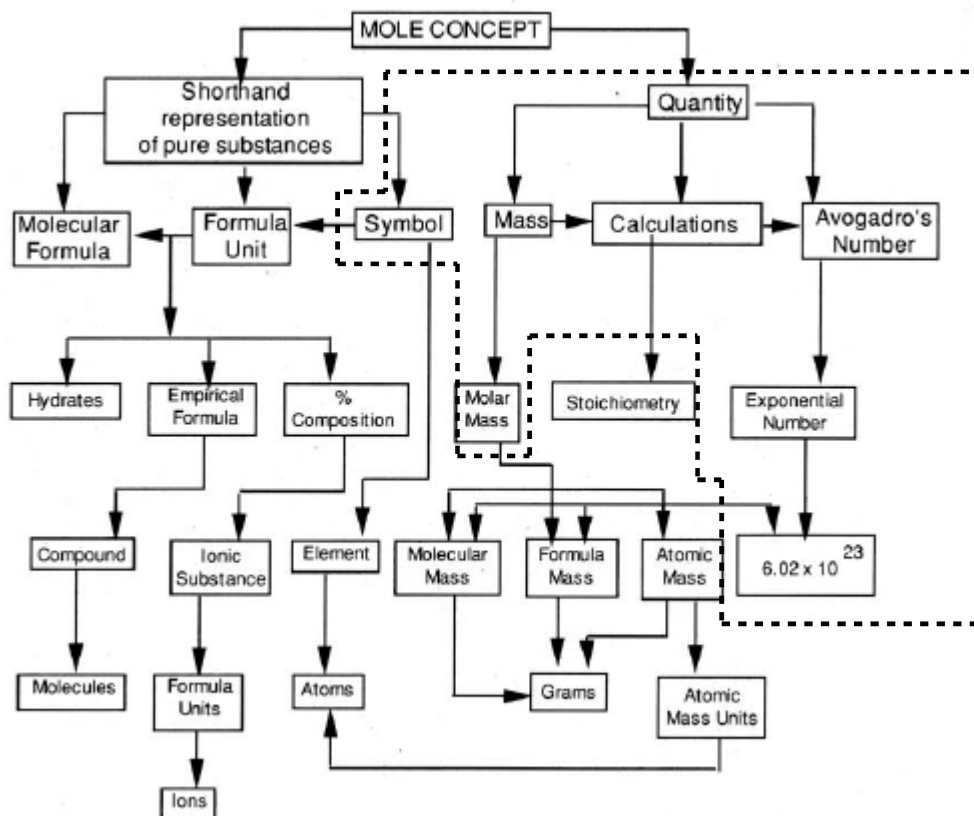
1. Miten määrittelisit ainemäärän?
2. Mihin ainemäärää tarvitaan?

Opiskelijoiden miellekarttoja (ks. Kuva 4) verrattiin Krishanin ja Howen artikkelissa (Krishan & Howe 1994) esitettyyn kaaviokuvaan (ks. Kuva 5), joka perustuu tutkijoiden omiin käsitteellisiin assosiaatioihin ja luonnontieteen opettajille tehtyihin tutkimuksiin.



Kuva 4. Esimerkki lukiolaisen opiskelijan tekemästä miellekartasta.

Kuvassa 4 on eritelty tyypillinen opiskelijan piirtämä miellekartta, jossa esiintyvät käsitteet sijoittuvat Kuvan 2 miellekartan oikeaan ylälaitaan. Kaaviokuvan oikean puolen liittyvät laskettavaan ainemäärän käsitteeseen kun taas vasemman puolen käsitteet kuvaavat, mitä ainemäärä kertoo aineesta. Esimerkkivastauksen havaittiin painottuvan ainemäärän laskettaviin ominaisuuksiin, esimerkiksi massa. Johnstoneen tiedon kolmitasomallin (Gabel 1999) mukaan esimerkkivastauksesta löytyy tiedon makro- ja symbolista luonnetta. Esimerkiksi atomit ja molekyylit puuttuvat vastauksesta. Tämä kertoo, että opiskelija ei yhdistä mikrotason tietoa ainemäärän käsitteeseen.



Kuva 5. Esimerkivastaus verrattuna kuvan 2 esittämään miellekarttaan.

2.2 Vastaukset tutkimuskysymyksiin

Tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että opiskelijat opiskelevat ainemäärän ennemmin matemaattisena käsitteenä kuin sanallisesti selitettävänä käsitteenä. Yleinen havainto on, että opiskelijoiden vastaukset painottuivat Krishnanin ja Howen artikkelissa esitetyn kaaviokuvan oikean ylälaitaan (ks. Kuva 5). Sieltä löytyvät käsitteet kuvaavat ainemäärän käsitettä Johnstoneen tiedon kolmitason avulla (Johnstone 1991) ilmaistuna makro- ja symbolisella tasolla. Mikrotasoa kuvaavat käsitteet puuttuivat lähes kokonaan opiskelijoiden vastauksissa. Hiukkasten lukumäärä oli mainittu joissain vastauksissa.

SI-järjestelmän mukainen määritelmä oli tutkimusaineiston perusteella toissijainen ainemäärään liittyvien kaavojen rinnalla. Vaikka opiskelijat olivat tutustuneet ainemäärän SI-järjestelmän mukaiseen määritelmään, eivät he olleet määritelleet käsitettä itselleen sitä kautta, vaan laskukaavojen kautta. Monelle vastaajalle ainemäärän määritelmä oli: $n = \frac{m}{M}$

Tutkimukseen vastanneet olivat yksimielisiä ainemäärän tarpeellisuudesta. Opiskelijat perustelivat tätä esimerkiksi, että käsitteen avulla mahdollistetaan työskentely laboratorioissa, sillä esimerkiksi laimentaminen, analysointi ja muiden suureiden selvittäminen, esimerkiksi konsentraation, ovat mahdollisia ainemäärän avulla.

2.3 Tutkimuksellisuus ainemäärän oppimissyklissä

Oppimissykli on kolmivaiheinen prosessi, joka alkaa opiskelijoiden omalla tutkimuksella. Tutkimuksen rakenteen tulisi tukea opiskelijoiden käsitteen muodostamista, koska tarkoituksena on, että opiskelijat voisivat rakentaa ainemäärän käsitteen omien havaintojensa perusteella. Johnstonen tiedon kolmitason avulla ilmaistuna mallissa olisi tavoitteena makrotason eli havaintojen avulla päästä symboliselle- ja mikroskooppiselle tiedon tasolle eli tässä tapauksessa ainemäärän käsitteeseen.

Tutkimusosuuden tutkimustehtävät on kehitetty tutkimuksen edetessä ja ne ovat seuraavat:

1. Tutkimustehtävä: Millä eri tavoilla voidaan ilmaista määrää? Ensimmäisen tutkimustehtävän tavoitteena on havainnollistaa, että lukumäärä on myös keino ilmaista määrää.
2. Tutkimustehtävä: Etsitään sopiva lukumääräyksikkö atomeille, molekyyleille ja ioneille. Toisella tutkimustehtävällä on tarkoitus havainnollistaa atomien kokoa ja arvioida Avogadron vakion, N_A , suuruutta. Avogadron vakio voidaan lisätä samaan listaan mm. tusinan ja tiun kanssa. Toisessa tutkimustehtävässä verrataan tunnettujen laustusainoiden massoja keskenään, ja pohditaan sitä, kuinka onnistuu samanlainen vertailu atomeilla.
3. Tutkimustehtävä: Onnistuuko laustasmalli atomeille? Kolmannessa tutkimustehtävässä määritetään uutena suurena suhteellinen atomimassa kaavan $N_A \cdot u = 1 \text{ g}$ avulla.
4. Tutkimustehtävä: Määritetään moolimassa atomimassan avulla. Neljännessä tutkimustehtävässä pohditaan, millaisissa tilanteissa kannattaa käyttää atomimassaa tai moolimassaa. Tämä tutkimustehtävä soveltuu yhdistettäväksi kahden edellisen tutkimustehtävän kanssa.
5. Tutkimustehtävä: Käsitteiden yleistäminen molekyyleille ja kemiallisille reaktioille. Viidennessä tutkimustehtävässä yhdistetään opitut käsitteet eli Avogadron vakio (N_A) ja atomimassa (u) molekyyleille kemiallisiin reaktioihin.

2.4 Käsitteen muodostaminen oppimissyklissä

Kehittyvien miellekarttojen avulla muodostetaan varsinainen ainemäärän käsite käsitekartaksi (Novak 2002), jonka jokainen laboratoriotyöryhmä voi toteuttaa omassa ryhmässä.

Oppimissyklin käsitteen muodostamisessa ainemäärän käsite määritellään ja käsitteelle annetaan nimi. Tarkoitus on, ettei tutkimusosassa mainita moolia, moolimassaa ja ainemäärää, jotka selkeästi termeinä kuuluvat ainemäärän määritettyyn käsitteeseen (Ainemäärän SI-järjestelmän mukainen määritelmä).

Tutkimusosuudessa määritettyjä käsitteiden välisiä suhteita voidaan jäsentää erilaisiksi miellekartoiksi tutkimuksen eri vaiheissa. Kokeellisen työskentelyn lomassa opiskelijat voivat miettiä miellekarttoja itsekseen ja vertailla syntyneitä karttoja toisten kanssa. Miellekarttoista keskustelemalla oppilaat pystyvät oppimaan toistensa ajatuksista, mikä on tehokas oppimisen keino (Larson 1997).

2.5 Käsitteen soveltaminen oppimissyklissä

Ainemäärän käsitteen soveltaminen on oleellista erityisesti kemian opiskelussa. Ainemäärää tarvitaan esimerkiksi kemiallisissa laskuissa ja aineiden tarkkojen pitoisuuksien määrittämisessä. Lisäksi kemiallisen reaktion ymmärtämisen edellytys on ainemäärän käsitteellinen ymmärtäminen.

Arkielämän esimerkkeinä ympäristökysymykset ja terveydenhuolto ovat aihealueita, jossa jokainen ihminen voi törmätä ainemäärän käsitteeseen. Tähän liittyen yksi tutkimukseen vastannut lukiolainenkin perusteli ainemäärän tarpeellisuutta:

”Ainemäärän tiedolla lisätään turvallisuutta (ei altistu haitalliselle määrälle)”

Käsitteiden välisten suhteiden ymmärtäminen ja ainemäärän käsitteen sujuva soveltaminen edellyttää käsitteellistä oppimista. Oppimissyklin tutkimusosuuden kuuluu selittää käsitteiden väliset suhteet kokeellisen työskentelyn avulla, jolloin soveltamisvaiheessa eli yleensä laskuissa ei enää tule ongelmia käsitteiden kanssa. Jos ainemäärän käsite on ymmärretty käsitteelliseksi, eivät laskuesimerkit oppitunneilla ole enää pelkkiä laskuja, vaan kemia tehtävien taustalla tulee ymmärrettävämmäksi. Toisin sanoen ainemäärän käsitteellinen ymmärtäminen auttaa ymmärtämään kemiaa laajemmin.

Seuraavassa annetaan lyhyet ja tiivistetyt vastaukset esitettyihin tutkimuskysymyksiin.

1. Miten ainemäärän oppimista voidaan edesauttaa?

Ainemäärän oppimisessa auttaisi, jos opiskelussa pyrittäisiin käsitteelliseen oppimiseen (Sahlberg 1991). Ainemäärän käsitteellinen oppiminen auttaisi ymmärtämään myös kemiaa ja kemiallisia prosesseja paremmin. Tutkimuksessa lukiolaisten vastausten havaittiin sisältävän paljon yksityiskohtaista tietoa ainemäärästä. Vastausten perusteella ei voi olla varma, onko ainemäärään liittyvien käsitteiden väliset suhteet ymmärretty vai onko tieto jäänyt sirpaletiedoksi. Ainemäärän käsitteen opiskelun yhteydessä opiskellaan useiden käsitteiden yhteys ainemäärään. Näin ollen opiskelijoille esitellään monia laskukaavoja, joiden yhteys toisiinsa ja ainemäärän käsitteeseen voi jäädä epäselväksi. Tämä näkyy opiskelijoiden piirtämissä miellekartoissa mikrotason käsitteiden puuttumisena.

2. Miten oppimissykli voi auttaa ainemäärän opiskelussa ja opettamisessa?

Tutkimuksen tarkoituksena oli myös selvittää, miten ainemäärän käsitteellistä oppimista voitaisiin parantaa. Tutkimusaineiston ja Larsonin tutkimuksen (Larson 1997) perusteella havaitaan, että oppimissykli (Sahlberg 1991) toimisi hyvänä pohjana ainemäärän opiskelumallille. Induktiiviseen päättelyketjuun perustuvassa oppimissyklissä opiskelija on oman oppimisensa pääroolissa, mikä tukee opiskelijan ajattelun kehittymistä (Sahlberg 1991). Käsitteellisen oppiminen edellyttää omaa ajattelua ja käsitteenmuodostusta, minkä takia kolmivaiheinen oppimissykliin perustuva opiskelumalli tukee ainemäärän käsitteellistä oppimista.

3. Yhteenveto

Tässä tutkimuksessa on selvitetty, miten oppilaiden ainemäärän käsitteellistä oppimista voitaisiin edesauttaa. Ainemäärän oppiminen on koettu haastavaksi ja syitä siihen on tutkittu paljon. Kuitenkin havaittiin, että harvoissa tutkimuksissa esitettiin selkeitä ratkaisuehdotuksia tähän oppimisen haastavuuteen.

Tutkimuksessa kehitettiin oppimissykliin perustuva ainemäärän opetusmalli, jonka avulla ainemäärän käsitteellistä ymmärtämistä voidaan tukea. Malliin perustuva opiskelu tukee opiskelijoiden omaa ajattelua, joka on edellytyksenä käsitteellisessä oppimisessa. Opiskelijat rakentavat ainemäärän käsitettä pala palalta oman tutkimuksen avulla, jolloin käsitteelle muodostuu konkreettiset perustelut. Johnstoneen tiedon kolmitason avulla ilmaistuna mallissa makrotason eli havaintojen avulla päästään symboliselle tasolle eli ainemäärän käsitteeseen. Tiedon mikrotaso eli atomit ja molekyylit tulevat esille tutkimustehtävien aiheissa ja mikrotaso liitetään käsitteellisten kysymysten avulla opiskeluprosessiin.

Ainemäärän käsitteellisen oppimisen mallia tulee edelleen kehittää ja parantaa. Tärkeintä olisi löytää oikeat tutkimustehtävät, jotka sekä innostaisivat että opettaisivat juuri sitä, mitä edellytetään ainemäärän käsitteen määrittämiseksi. Tämän ja tulevien jatkotutkimusten avulla toivottavasti löydetään oikeisiin tutkimustehtäviin hyvin soveltuvat laboratoriotyöt ja käsitteelliset kysymykset, jolloin ainemäärän käsitteellisen oppimisen mallia voisi soveltaa mielekkäästi jokaisen kemian opettajan ainemäärän opetuksessa.

Kirjallisuus

Claesgens, J., & Stacy, A. (2003). What are students' initial ideas about amount of substance? "Is there a specific weight for a mole?", Conf. Proc. Annual Meeting of the American Educational Research Association, Chicago, IL, USA
http://www.eric.ed.gov/ERICDocs/data/ericdocs2sql/content_storage_01/0000019b/80/1b/2a/82.pdf

Dierks, W. (1981). Teaching the Mole. *European Journal of Science Education*, 3 (2), 145–154.

Driver, R. (1981). Pupils' Alternative Frameworks in Science. *European Journal of Science Education*, 3 (1), 93–101.

Dori, Y. J., & Hameiri, M. (1998). The "Mole environment" studyware: applying multidimensional analysis to quantitative chemistry problems. *International Journal of Science Education*, 20 (3), 317–333.

Furio, C., Azcona, R., & Guisasola, J. (2002). The learning and teaching of the concepts 'amount of substance' and 'mole': A review of the literature. *Journal of Chemical Education*, 3 (3), 277–292.

Gabel, D. L., & Hunn D. (1987). Understanding the Particulate Nature of Matter. *Journal of Chemical Education*, 64 (8), 695–697.

- Gabel, D. (1999). Improving Teaching and Learning through Chemistry Education Research: A Look to the Future. *Journal of Chemical Education*, 76, 548–554.
- Johnstone, A. H., (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer assisted Learning*, 7 (2), 75-83.
- Krishan, S. R., & Howe, A. C. (1994). The Mole Concept. *Journal of Chemical Education*, 71 (8), 653–655.
- Larson, J. O. (1997). Constructing understandings of Mole Concept: Interactions of Chemistry Text, Teacher and Learners, Conf. Proc. Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Chicago, IL, USA. http://www.eric.ed.gov/ERICDocs/data/ericdocs2sql/content_storage_01/0000019b/80/16/59/b3.pdf
- Novak, J. D. (2002). *Tiedon oppiminen, luominen ja käyttö: käsittekartat työvälineinä oppilaitoksissa ja yrityksissä*. Jyväskylä, PS-kustannus.
- Novick, S. & Menis, J. (1976). A Study of Student Perceptions of the Mole Concept. *Journal of Chemical Education*, 53 (11), 720–722.
- Räsänen, T. (2009). *Mooliboolin aineksen – ainemäärän käsitteellisen oppimisen kehittäminen oppimissyklin avulla*. pro gradu –tutkielma, Jyväskylän yliopisto.
- Sahlberg, P. (toim.) (1991). *Luonnontieteiden opetuksen työtapoja*, 2. – 3. painos, Helsinki, Valtion painatuskeskus.
- Sahlberg, P., Meisalo, V., Lavonen, J. & Kolari, M. (1993). *Luova ongelmanratkaisu koulussa*. Helsinki, Painatuskeskus, Opetushallitus, FINISTE.
- Staver, J. R., & Lumpe, A. T. (1995). Two Investigations of Students' Understanding of the Mole Concept and Its Use in Problem Solving. *Journal of Research in Science Teaching*, 32 (2), s. 177–193.
- The NIST Reference on Constants, Units, and Uncertainty. (2009). Historical context of the SI, <http://physics.nist.gov/cuu/Units/mole.html>, luettu (26.8.2008)
- Uthe, R. E. (2002). For mole problems, call Avogadro: 602-1023. *Journal of Chemical Education*, 79, s.1213.
- Wellington, J. (1989). *Skills and processes in science education*. London & New York, Routledge, s. 89.

Lukion kemian oppikirjojen laboratoriotöiden analysointi käyttäen SOLO-taksonomiaa (T)

Päivi Tomperi & Maija Aksela

Kemian opetuksen keskus, Kemian laitos, Helsingin yliopisto

Uudessa lukion kemian opetussuunnitelmassa kokeellisuus on keskeistä. Sen avulla halutaan tukea opiskelijoiden luonnontieteellisen ajattelun kehittymistä. Oppikirjojen laboratoriotyöt välittävät osaltaan kuvaa luonnontieteellisen tiedon kokeellisesta luonteesta, joten niiden analysointi on tärkeää. Tässä tutkimuksessa analysoitiin sisällönanalysimenetelmällä lukion 1. kurssin viisi eri oppikirjaa. Tulokset osoittavat, että vain neljännes lukion pakollisen kurssin oppikirjojen laboratoriotöistä ohjaa lukiolaisia aktiiviseen tiedonkäsittelyyn ja omakohtaiseen tiedon konstruointiin. Tyypillinen laboratoriotyö sisältää edelleen keittokirjamaisen työohjeen ja mekaanisen suorituksen jälkeen opiskelijoita ohjataan irrallisten kysymyksien avulla liittämään havaintoja käsitteelliseen tietoon tulosten käsittelyn yhteydessä. Tällainen kokeellisuus ei tue oppilaiden yhteisöllistä tiedon rakentelua eikä edellytä tehtävään liittyvien teoreettisten käsitteiden ymmärtämistä. Kokeellisuudessa käden taitojen ja havainnoinnin merkitys ovat korostuneet. SOLO-taksonomia on yksi tapa analysoida laboratoriotöitä opetuksessa.

1. Johdanto

Kemian opetus tänään – kyselytutkimuksen mukaan opettajat teettävät mahdollisuuksien mukaan laboratoriotöitä, koska heidän mielestään se edesauttaa kemian keskeisten käsitteiden oppimista. Tosin yli puolet lukion kemian opettajista ei teettänyt laboratoriotöitä lainkaan. (Aksela & Juvonen, 1999) Kokeellisuus kuuluu tärkeänä osana kemian opiskeluun, koska sen avulla osoitetaan luonnontieteen luonne kokeellisena tieteenä. Opetuksen kokeellisuuden tavoitteita ovat oppilaan oppimisen tukeminen ja persoonallisuuden monipuolinen kehittäminen. (Lavonen & Meisalo, 1994) Luonnontiede on empiiristä. Laboratoriotyössä harjoitellaan luonnontieteellistä ongelmanratkaisua, jossa tulevat esille ajattelun käsitteellinen puoli (faktat) ja toiminnallinen puoli (taidot). Tilanteesta riippuen toiminnallinen ja käsitteellinen ymmärtäminen korostuvat eri tavoin, mutta niitä ei voi erottaa toisistaan. (Gott & Duggan, 1995)

Valtakunnallisessa lukion kemian opetussuunnitelman perusteissa opetuksen tavoitteissa kokeellisuus mainitaan kolmessa kohdassa: Opiskelijan tulee osata 1) *kokeellisen* työskentelyn ja muun aktiivisen *tiedonhankinnan* avulla etsiä ja käsitellä tietoa elämän ja ympäristön kannalta tärkeistä kemiallisista ilmiöistä ja aineiden ominaisuuksista sekä arvioida tiedon luotettavuutta ja merkitystä, 2) *tehdä* ilmiöitä koskevia *kokeita* ja oppia *suunnittelemaan* niitä sekä osata ottaa huomioon turvallisuusnäkökohdat, 3) osata tulkita ja arvioida *kokeellisesti* tai muutoin *hankkimaansa tietoa* ja keskustella siitä sekä esittää sitä muille. (LOPS, 2003)

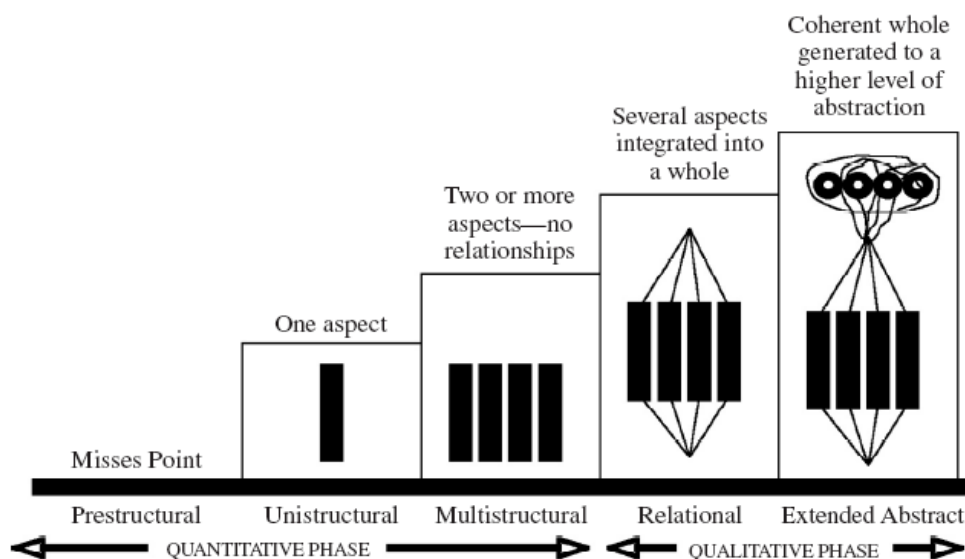
Kemian oppikirjan tulee välittää elinvoimaisia kemian tietoja, joita voi säilyttää ja käyttää koko elämän ajan. Elinvoimaisuus voi toteutua vain omaan ajatteluun ja kokemukseen perustuvaa tiedonhankintaa harjoittamalla (Ahtineva, 2000). Kun opetus välittää elinvoimaista koulutietoa, niin sen tiedonkäsitys on kehittyvä. Kehittyvän tiedonkäsityksen ominaisuuksiin kuuluu tiedon kriittinen arviointi, dynaamisuus,

aktiivisuus, kokonaisuuksien opettaminen, taidon ja tiedon suhde, kokemuksen ja järkeilyn suhde sekä tiedon arvostaminen. Tiedon dynaamisuus on tiedon lainalaisuuksien ja säännönmukaisuuden tutkimusta, päätelmien tekemistä ja soveltamista. Kehittyvän tiedonkäsityksen vastakohta on pinnallinen tiedonkäsitys, jota kuvaavat passiivisuus, staattisuus, kriittisyyden puute ja käsitteiden epämääräisyys. (Voutilainen & al. 1989)

Koska oppikirja sanelee yleensä pitkälle kemian kurssin toteutuksen lukiossa (ks. esim. Ahtineva, 2000), on tärkeä tutkia, minkälaista oppimista ja opetusta oppikirjojen kokeellisuus tukee. Tässä tutkimuksessa on käytetty SOLO (Structure of the Observed Learning Outcome) -taksonomiaa kemian oppikirjojen kokeellisten töiden analyysissä. Oppimistuotoksen laadun on havaittu olevan suhteessa sen rakenteen monimutkaisuuteen eli kuinka oppijat pystyvät käyttämään erilaisia käsitteitä, yhdistämään niitä toisiinsa ja liittämään ne vielä uusiin yhteyksiin (Biggs et al., 1982). Annetun tehtävän rakenne on avainasemassa arvioitaessa sen ratkaisun laatua; kvantitatiivista tehtävää voi arvioida vain kvantitatiivisesti. Myös laboratoriotyössä työohje määrittää sen, miten tehdään. Orgaanisessa kemiassa SOLO-taksonomiaa on käytetty mm. tenttivastauksien arvioinnissa (Hodges & Harvey, 2003). Sitä on myös käytetty arvioitaessa opiskelijoiden vastauksien laatua erilaisiin kemian tehtäviin ja onko opiskelija kyennyt siirtymään alemmalta kognitiiviselta tasolta jollekin seuraavalle tutorilta saamansa palautteen avulla (Kiviahde, 2005).

2. Laboriatoriöiden kuvaus eri SOLO tasoilla

Kuva 1 esittää SOLO-taksonomian graafisesti. Se kuvaa, kuinka sama yksittäinen tehtävä voidaan laatia viidellä eri hierarkkisella tasolla, jotka kuvaavat kyseisen tehtävän ratkaisua kasvavalla vaikeusasteella. Alimpana hierarkiassa on prestruktuurainen eli rakenteeton taso (I), jolla laadittu ratkaisu annettuun tehtävään on joko sisällöltään epäolennaista tai sattumanvaraista. (Biggs, 1999) Prestruktuuraisen tason laboratoriotyössä materiaalia tutkitaan kokeellisesti yksityiskohtaisen, keittokirjamaisen ohjeen mukaan. Eri vaiheiden suoritus ei edellytä oppijan omaa ajattelua, vaan hän voi mekaanisesti toistaa kokeen.



Kuva 1. Graafinen kuvaus SOLO taksonomiasta (Biggs, 1999)

Toinen taso on nimeltään unistrukturaalinen eli yksirakenteinen (II), koska siinä ratkaisun tueksi esitetään yksi näkökulma (Biggs, 1999). Myös unistrukturaalinen laboratoriotyö suoritetaan yksityiskohtaisen mekaanisen työohjeen avulla, mutta työn kuluessa opiskelijan pitää ratkaista itsenäisesti jokin yksittäinen ongelma, jonka ratkaisua työohje ei anna valmiina. Esimerkiksi pitää havainnoida värinmuutos, jotta voi tulkita osoitusreaktion tuloksen. Tai pitää laskea, paljonko punnitaan kiinteä reagenssia tietyn pitoisuuden omaavan liuoksen valmistamiseksi.

Multistrukturaalisella eli monirakenteisella tasolla (III) tehtävän ratkaisuun löytyy jo useampia yksittäisiä näkökulmia, mutta niiden välillä ei ole yhteyttä (Biggs, 1999). Kokeellisuudessa multistrukturaalisuus tarkoittaa, että laboratoriotyössä suoritetaan työvaiheita, jotka paljastavat useita irrallisia, toisistaan riippumattomia yksityiskohtia tutkittavasta asiasta, kuten erilaisia havaintoja tai lasketaan tehtyjen mittausten avulla tuloksia (lukuja), joita ei sen tarkemmin analysoida. Kuvasta 1 nähdään, että kolmea ensimmäistä SOLO-taksonomian tasoa nimitetään määrälliseksi vaiheeksi, koska tasot eroavat toisistaan irrallisten faktojen määrässä. Ne edustavat pintaoppimista (Wilson Smith & Colby, 2007).

Tehtävien arviointi vaikeutuu, kun siirrytään laadulliseen vaiheeseen. Neljännellä, suhteellisella tasolla (IV) yksittäisten näkökulmien väliset suhteet nousevat esille ja tehtävän ratkaisusta muokataan aukoton kokonaisuus. (Biggs, 1999) Laboratoriotyö suhteellisella tasolla ei yleensä enää ole keittokirjamainen vaan selkeästi tutkimuksellinen tehtävä, jota suunnitellessaan opiskelija joutuu tekemään erilaisia itsenäisiä ratkaisuja. Vaikka työohje olisi avoin tehtävä, niin oppikirjan teoriaosan tietoja soveltamalla tehtävän ratkaisu onnistuu. Tässä vaiheessa pitää myös yleensä arvioida tulosta kriittisesti, varsinkin jos se on ristiriidassa teorian kanssa. Tulos esitetään konkreettisena yleistyksenä ilmiöstä.

Ylimmällä (laajalla) abstraktilla tasolla (V) tunnistetaan tehtävä osaksi yleisempää tietoa ja laaditaan hypoteeseja uusista tapauksista ja jätetään vastaus avoimeksi tai laaditaan useita vaihtoehtoisia selityksiä. Epäjohdonmukaisuudet käsitellään ja selvitetään. (Biggs, 1999) Laajennetulla abstraktilla tasolla laboratoriotyön suoritus edellyttää esitietoja, joita ei löydy oppikirjasta. Oppijat joutuvat laatimaan tutkimussuunnitelman etukäteen, koska tehtävässä suoritusta ei ole ohjeistettu tarkemmin, kuten alemmilla tasoilla. Tässä vaiheessa yleensä tarvitaan opettajan erityistä ohjausta ja tukea, jotta ryhmä pääsee työskentelyn alkuun.

Monia suhteellisen ja abstraktin tason laboratoriotöitä voidaan kuvata myös tutkimuksellisiksi, joka on määritelty mm. seuraavasti: ” Tutkimuksellisuus (*Inquiry*) on monipuolista toimintaa, joka sisältää havaintojen tekemistä; kysymysten esittämistä; kirjojen ja muiden tiedonlähteiden tutkimista sen selvittämiseksi, mitä jo tiedetään; tutkimusten suunnittelua; raportoituihin kokeellisiin tutkimustuloksiin tutustuminen; erilaisten työkalujen käyttö tulosten keräämisessä, analysoimisessa ja tulkinnessa; vastausten, selitysten ja ennustusten ehdottamista; ja tulosten esittämistä. Tutkimuksellisuus vaatii edellytysten tunnistamista, kriittisen ja loogisen ajattelun käyttämistä ja vaihtoehtoisten selitysten huomioonottamista.”(NRC, 1996). Tutkimuksellisuudella on tärkeä osa kemian oppimisessa, koska se tukee korkeamman tason ajattelutaitojen kehittymistä (esim. Aksela, 2005).

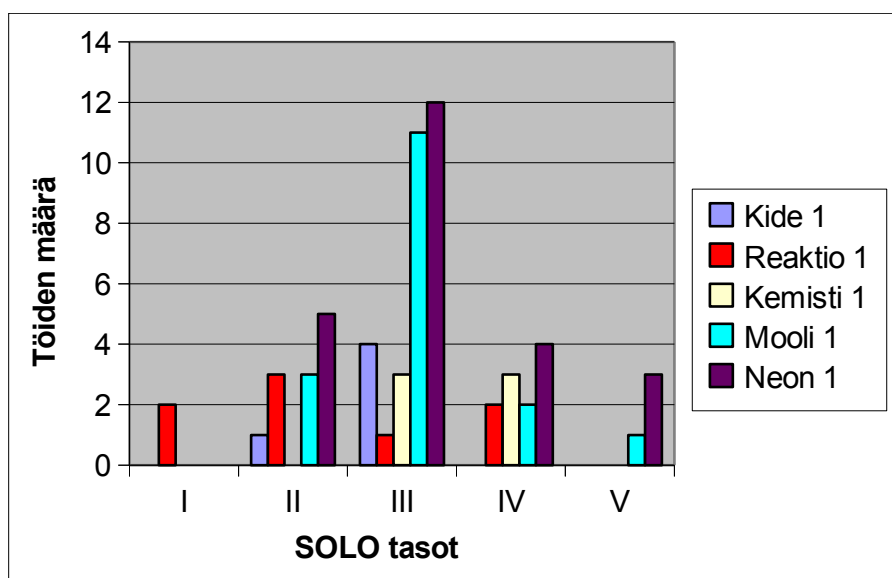
3. Tutkimuskohde ja tutkimusmenetelmä

Eri kemian oppikirjat painottavat kokeellisuutta eri tavoin, mutta kaikista markkinoilla olevista lukion kemian oppikirjoista löytyy kokoelma laboratoriotöitä, yleensä kirjan lopusta, jonka kirjantekijät ovat koonneet. Tutkimuksessa on tutkittu lukion pakollisen kurssin ”Ihmisen ja elinympäristön kemia” oppikirjojen (5 kpl, ks. aineistolähteet) laboratoriotyöt (yhteensä 60 työtä). Oppikirjoja tarkastellaan nimellä. Tavoitteena ei ole verrata niiden paremmuutta, vaan tutkia ilmiötä kokonaisuudessa.

Tutkimuskysymys: Miten lukion 1. vuosikurssin laboratoriotyöt suuntaavat opetusta ja oppimista lukiossa? Kyseessä on teorialähtöinen eli deduktiivinen sisällönanalyysi, jossa tulkitsemme laboratoriotöitä jo olemassa olevan teorian, SOLO-taksonomian, pohjalta (Tuomi & Sarajarvi, 2002). Kokeellisuudella tarkoitetaan tässä yhteydessä laboratoriotyötä ja sen yhteydessä mainittuja tehtäviä, jotka liittyvät tulosten käsittelyyn.

4. Tulokset

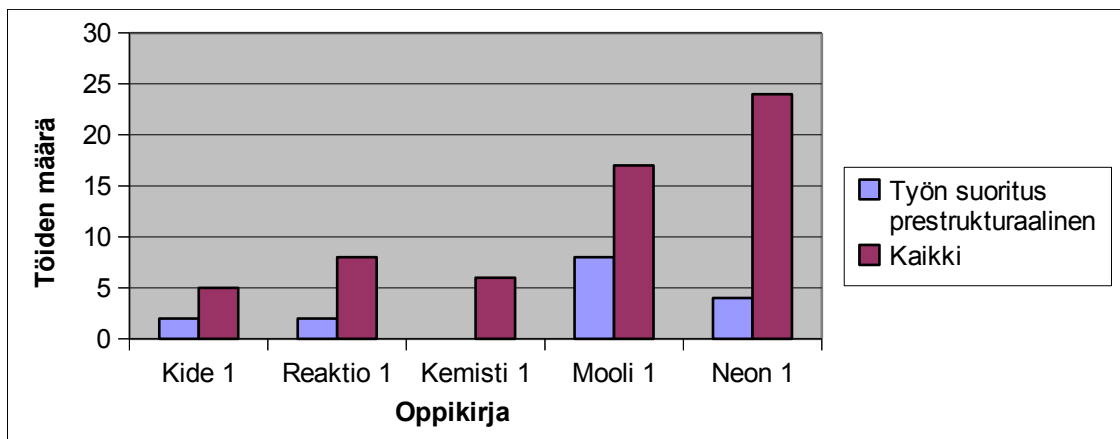
Kuvassa 2 esitetään yhteenvetona, kuinka eri oppikirjojen laboratoriotyöt voidaan sijoittaa SOLO taksonomian viidelle eri tasolle. Laboratoriotöiden määrä vaihtelee välillä 5-24 eri oppikirjoissa. Kide 1 sisältää 5 laboratoriotyötä, jotka ovat unistrukturaalisella (1 kpl) ja multistrukturaalisella (4 kpl) tasolla. Reaktio 1 sisältää 8 laboratoriotyötä, jotka sijoittuvat melko tasaisesti neljälle ensimmäiselle SOLO tasolle. Kemisti 1 oppikirjassa on 6 työtä, joista 3 on multistrukturaalisella tasolla ja 3 suhteellisella tasolla. Mooli 1 oppikirjassa on 17 laboratoriotyötä vaihdellen unistrukturaaliselta abstraktille tasolle, ja joista suurin osa (11 kpl) on multistrukturaalista tasoa. Samanlainen painotus on Neon 1 oppikirjassa, josta löytyy 24 laboratoriotyötä ja niistä 12 on multistrukturaalisella tasolla. Ylimmän abstraktin tason laboratoriotöitä löytyy vain kahdesta oppikirjasta, kun taas suhteellisen tason tehtäviä löytyy neljästä oppikirjasta.



Kuva 2. Lukion kemian pakollisen kurssin oppikirjojen laboratoriotöiden sijoittuminen eri SOLO tasolle, (I=prestrukturaalinen, II=unistrukturaalinen, III=multistrukturaalinen, IV=relationaalinen ja V=laaja).

5. Tulosten analysointia

Vaikka kokeellisuutta yleisesti pidetään hyödyllisenä käsitteiden oppimisen näkökulmasta, niin yhteyttä kokeellisen työskentelyn ja käsitteellisen tiedon omaksumisen välillä ei ole kyetty yksiselitteisesti osoittamaan (Hofstein & Lunetta, 2002). Tutkimus on kuitenkin osoittanut, että keittokirjamaiset kemian työohjeet eivät tue oppilaan ajattelun kehittymistä vaan pelkästään mekaanista suoriutumista (Domin, 1999). Lukion uuden opetussuunnitelman mukaisten kemian oppikirjojen kaikista laboratoriotöistä 25 % kuuluu suhteelliselle tai abstraktille tasolle eli 75 % laboratoriotöistä on edelleen perinteisiä keittokirjamaisia työohjeita. Suurin osa laboratoriotöistä sijoittuu unistrukturaaliselle ja multistrukturaaliselle tasolle eli niistä löytyy kuitenkin pohdintatehtäviä mekaanisen suorituksen lisäksi. Tyypillisessä laboratoriotyössä työohje on prestrukturaalinen, mutta tulosten käsittelyn yhteydessä esitetyt kysymykset tai tehtävät nostavat niiden vaikeusastetta korkeammalle SOLO tasolle. Kuvasta 3 näemme, että neljässä oppikirjassa viidestä on laboratoriotöitä, joissa työohjeet ovat prestrukturaalisia, mutta on myös muiden tasojen töitä.



Kuva 3. Prestrukturaalisen työn suoritus -osuuden sisältävien laboratoriotöiden määrä suhteessa oppikirjan kaikkiin laboratoriotöihin.

Opetuksen tavoitteet ohjaavat laboratoriotöiden käyttöä. Vaikka kolme ensimmäistä tasoa eivät tue korkeamman tason ajattelutaitojen kehittymistä, niin laboratoriotyöskentelyssä ne voivat opettaa tärkeitä laborointitaitoja, joita tarvitaan myös suhteellisella ja abstraktilla tasolla. Ongelmallista on, jos kokeellisuutta harjoitetaan vain käytännön taitoja kehittäen. Se sopii erityisen huonosti kemian pakolliselle kurssille, joka monelle lukiolaiselle on se ainoa kemian kurssi lukiossa.

Todellisen maailman ja teorian välillä vallitsee kaksisuuntainen dynamiikka (induktio-deduktio) (Popper & Eccles, 1977). Uuden käsitteen esittely tulisi oppikirjassa toteutua sekä induktiivisesti että deduktiivisesti. Käytännössä käsite esitellään oppikirjan tekstissä induktiivisesti ja todennetaan kokeellisessa osuudessa deduktiivisesti. (esim. Ahtineva, 2005) Tämä pitää paikkansa edelleen lukion pakollisen kurssin laboratoriotöiden osalta, sillä noin 80 % niistä on luonteeltaan deduktiivisia. Jos sekä induktiivista että deduktiivista päättelyä halutaan harjoitella tasapuolisesti kemian tunneilla, niin oppikirjoissa esitettyjen laboratoriotöiden avulla se on haasteellista.

Nykyinen käsitys oppimisen sosiaalisesta luonteesta ei näy oppikirjojen kokeellisuudessa, esimerkiksi työohjeet on laadittu kaikki toisessa persoonassa. Käytännössä laboratoriotyöt suoritetaan oppitunneilla pienissä ryhmissä tai pareittain (Aksela & Juvonen 1999). Jos laboratoriotyötä ei ole alkuaan suunniteltu ryhmätyöksi, niin ryhmän jäsenet voivat jakaa tehtävät keskenään siten, että kukin suorittaa omaa erillistä tehtäväänsä eikä työstä muodostu yhtenäistä kokonaisuutta. Se ei kannusta yhteisölliseen pohdintaan, joka voisi paljastaa opiskelijoiden vaihtoehtoisia käsityksiä käsillä olevasta asiasta ja haastaa heitä pyrkimään kohti toimivampaa ja tieteellisempää ajattelua.

Esimerkkeinä olevat oppikirjat eivät kannusta myöskään oppilaan ja oppikirjan väliseen vuorovaikutukseen. Laboratoriotyön ohjeessa selitetään työvaiheet yksityiskohtaisesti, vaikka hieman oppikirjaa selaamalla sama asia löytyy tekstiosasta: Esimerkiksi liuoksen valmistusta esittävä kuvasarja on siirretty myös työohjeen yhteyteen tai sanallinen kuvaus tekstissä liuoksen valmistuksesta toistetaan työohjeessa. Toisaalta oppikirjoissa paljastetaan tuloksia tulosten käsittelyosan tehtävissä. Esimerkiksi erotettaessa kasvien yhdisteitä uuttamalla työn lopussa kysytään, ”miten perustelet molekyyliarakenteen nojalla sen, että klorofylli liukenee sekä alkoholi-vesiseokseen että poolittomaan liuottimeen?” tai ”Miksi punaiset ja siniset väriaineet jäävät alkoholivesiseokseen?” tai tutkittaessa saippuan vaahtovuutta erilaisissa vesityypeissä kysytään, miksi saippua ei vaahtoa kovassa vedessä.

6. Johtopäätökset ja pohdinta

Tutkimuksessa tarkasteltiin lukion 1. kemian kurssin oppikirjojen laboratoriotoita. Tyypillinen laboratoriotyö sisältää yksityiskohtaisen, usein numeroidun, suoritusohjeen, ja tulosten käsittelyn yhteyteen liitettyjen kysymysten avulla siihen tuodaan mukaan käsitteellistä pohdintaa. 75 % laboratoriotoista ei ohjaa lukiolaisia aktiiviseen tiedonkäsittelyyn, omakohtaiseen ja/tai sosiaaliseen tiedon konstruointiin vaan työohjetta seuraavaan mekaaniseen suoritukseen. Tällainen pinnallinen tiedonkäsitys laboratoriotyöskentelyssä johtaa pinnalliseen oppimiseen.

Monista oppikirjoista löytyy eritasoisia laboratoriotoita ja olisi tärkeää, että opettajat valitsisivat niitä monipuolisesti. Avoin tehtävä vaatii enemmän etukäteistyötä opettajalta, vaikka itse suoritusvaihe siirtää vastuuta opiskelijoille verrattuna perinteiseen laboratoriotyöhön. Opettaja toimii tutkimuksellisissa töissä ohjaajana ja kannustajana, mutta itse tehtävänanto aktivoi opiskelijoita, koska mitään ei ole annettu valmiina. SOLO-taksonomiaa opettaja voi käyttää myös laboratoriotehtävien tason analysoinnissa.

Aineistolähteet

Kalkku, I., Kalmi, H., & Korvenranta, J. (2005). *Kide 1. Lukion Kemia. Ihmisen ja elinympäristön kemia*. Helsinki, Otava.

Lampiselkä, J., Sorjonen, T., Vakkilainen, K.-M., Aroluoma, I., Kanerva, K., Karkela, L., & Mäkelä, R. (2004). *Kemisti 1. Ihmisen ja elinympäristön kemia*. Helsinki, WSOY.

Lehtiniemi, K. & Turpeenoja, L. (2006). *Mooli 1. Lukion Kemia. Ihmisen ja elinympäristön kemia*. Helsinki, Otava.

Kaila, L., Meriläinen, P., Ojala, P., Pihko, P., & Salo, K. (2006). *Reaktio 1. Lukion Kemia. Ihmisen ja elinympäristön kemia*. Helsinki, Tammi.

Hannola-Teitto, M., Jokela, R., Leskelä, M., Näsäkkälä, E., Pohjakallio, M., & Rassi, M. (2004). *Neon 1. Ihmisen ja elinympäristön kemia*. Helsinki, Edita.

Lähteet

Aksela, M. (2005). Supporting meaningful chemistry learning and higher-order thinking through computer assisted inquiry: A design research approach. Väitöskirja, Helsingin yliopisto.

Aksela, M., & Juvonen, R. (1999). *Kemian opetus tänään*. Opetushallitus.

Ahtineva, A. (2000). Oppikirja – tiedon välittäjä ja opintojen innoittaja? Lukion kemian oppikirjan – Kemian maailma 1 – tiedonkäsitys ja käyttökokemukset. Väitöskirja, Turun yliopisto.

Ahtineva, A. (2005). Textbook Analysis in the Service of Chemistry Teaching. *Universitas Scientiarum*, 10, 25-33.

Biggs, J. (1999). *Students Approaches to Learning and Studying*. Melbourne: Australian Council for Educational Research.

Biggs, J.B., & Collins, K.F. (1982). *Evaluating the Quality of Learning: the SOLO Taxonomy*. Academic Press: New York.

Domin, D. (1999). A Review of Laboratory Instruction Styles. *Journal of Chemical Education*, 76, 543-547.

Gott, R., & Duggan, S. (1995). *Investigative Work in the Science Curriculum*. Buckingham: Open University Press.

Hodges, L. C., & Harvey, L. C. (2003). Evaluation of Student Learning in Organic Chemistry Using the SOLO taxonomy. *Journal of Chemical Education*, 80, 785.

Hofstein, A., & Lunetta, V.N. (1982). The Role of the Laboratory in Science Teaching: Neglected Aspects of Research. *Review of Educational Research*, 52, 201.

Kiviahde, M. (2005). Effects of authentic learning and e-learning in an introductory chemistry laboratory course. Väitöskirja, Oulun yliopisto.

LOPS. (2003). *Lukion opetussuunnitelman perusteet*. Opetushallitus, Painatuskeskus.

Meisalo, V., & Lavonen, J. (1994). *Fysiikka ja kemia opetussuunnitelmassa*. Opetushallitus, Painatuskeskus.

Tuomi, L., & Sarajärvi, A. (2002). *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi*. Tammi.

Voutilainen, T., Mehtäläinen, J., & Niiniluoto, I. (1989). *Tiedonkäsitys*. Helsinki: Kouluhallitus, Valtion painatuskeskus.

Wilson Smith, T., & Colby, S. (2007). Teaching for Deep Learning. *The Clearing House*, 80, 205-210.

Asetyylisalisyylihapon määrän mittaus valokuvaamalla

Jaakko Lohenoja

opiskelija, Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto

Tässä artikkelissa esitellään kesällä 2008 kehitetty menetelmä, jolla voidaan mitata aspiiriinitabletissa olevan asetyylisalisyylihapon määrä piirtoheittimen, valokuvauksen ja kuvankäsittelyohjelman avulla. Menetelmällä voidaan demonstroida spektrofotometristä mittausta, koska menetelmän periaate on sama kuin spektrofotometrisessä mittauksessa. Artikkelissa esitellään menetelmän tekninen toteutus ja sen käyttö lukion kemian opetuksessa.

1. Johdanto

Näkyvän valon spektrofotometria soveltuu sellaisten analyyttien kvantitatiiviseen määrittämiseen, jotka absorboivat näkyvää valoa tai jotka voidaan muuttaa reagenssien avulla sellaisiksi yhdisteiksi, jotka absorboivat näkyvän aallonpituuden valoa. Kvantitatiivinen spektrofotometrinen mittaus perustuu Lambertin ja Beerin lakiin, jonka mukaan absorboivan yhdisteen pitoisuus on verrannollinen sen absorbanssiin. (Saarinen & Lajunen, 1991)

Aspiiriinitabletissa olevan asetyylisalisyylihapon määrä voidaan selvittää hydrolysoimalla asetyylisalisyylihapo salisylaatti-ioniksi ja antamalla sen reagoida rauta(III)ionin kanssa. Muodostuva purppuranpunainen ferrisalisylaatti absorboi vihreää valoa. Mitä enemmän ferrisalisylaattia on, sitä tummemman värinen liuos on ja sitä suurempi sen absorbanssi on vihreän värin aallonpituudella. Näyteliuoksen absorbanssia verrataan vertailuliuosten absorbansseihin.

Tässä artikkelissa esitellään menetelmä, jossa spektrofotometrillä tehtävän mittauksen voi korvata piirtoheittimen, valokuvauksen ja kuvankäsittelyohjelman avulla. Menetelmässä ferrisalisylaattiksi käsiteltyjä näyteliuosta ja viittä vertailuliuosta laitetaan 6-kennolevyille, mikä puolestaan asetetaan piirtoheittimelle vihreän kalvon päälle. Piirtoheittimellä heijastetaan näkymä valkokankaalle ja näkymästä otetaan valokuva. Valokuva avataan Paint-kuvankäsittelyohjelmassa. Kunkin liuoksen osalta voidaan määritellä, kuinka paljon vihreää väriä liuoksen kohdalla olevan pikselin värissä on. Tehtyjen mittausten perusteella vihreän värin määrä on likimain verrannollinen ferrisalisylaatin pitoisuuteen: mitä suurempi on ferrisalisylaatin määrä, sitä vähemmän liuoksen kohdalla on vihreää väriä.

Kehitetyn menetelmän avulla voidaan demonstroida spektrofotometrisen menetelmän periaate kemian opetuksen yhteydessä. Menetelmä esiteltiin Kemian opetuksen päivillä 17.4.2009, missä yhteydessä lukion opettajilta (n = 5) tiedusteltiin kyselylomakkeen avulla, miten menetelmä tulisi toteuttaa lukion kemian opetuksen kokeellisena harjoitustyönä. Vastausten perusteella oppilailta ei saisi mennä harjoitustyyliin liikaa aikaa. Harjoitustyöstä tulisi selvitä vastausten perusteella ilman analyysivaakaa ja tietokoneita, koska niitä ei välttämättä ole käytössä opetustilanteessa.

Kehitetystä menetelmästä ja sen opetuskäytöstä tehdään pro gradu –tutkielma.

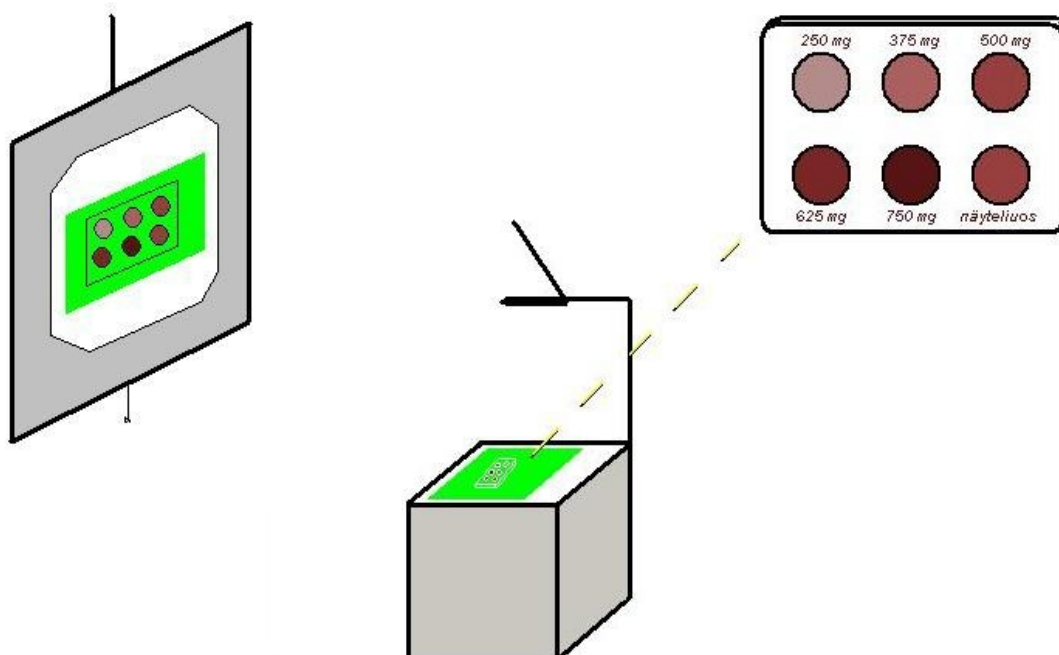
2. Menetelmän tekninen toteutus

Kehitetyssä menetelmässä määritetään aspiriinitabletissa olevan asetyylisalisyylihapon määrä piirtoheittimen, valokuvauksen ja kuvankäsittelyohjelman avulla. Tässä kappaleessa käydään läpi lyhyesti menetelmän tekninen toteutus pääpiirteissään.

Tutkittava aspiriinitabletti laitetaan koeputkeen, jossa on 10 millilitraa 5 M natriumhydroksidia. Koeputkea kuumennetaan kiehuvalle vesihauteelle 20 minuuttia, minkä jälkeen koeputken sisältö laimennetaan 500 millilitraksi. Tätä liuosta pipetoidaan 20 millilitraa 200 millilitran mittapulloon, jossa on 25 millilitraa hapanta rauta(III)-liuosta (Fe 10 g/l ja HCl 0,25 M).

Vertailuliuokset valmistetaan hydrolysoimalla 500 milligrammaa asetyylisalisyylihappoa kuten näytetabletti ja laimentamalla liuos 500 millilitraksi. Tätä liuosta pipetoidaan 10, 15, 20, 25 ja 30 millilitraa 200 millilitran mittapulloihin, joissa on 25 millilitraa hapanta rauta(III)-liuosta. Vertailuliuosten pitoisuudet vastaavat tabletissa olevan asetyylisalisyylihapon määriä 250, 375, 500, 625 ja 750 milligrammaa.

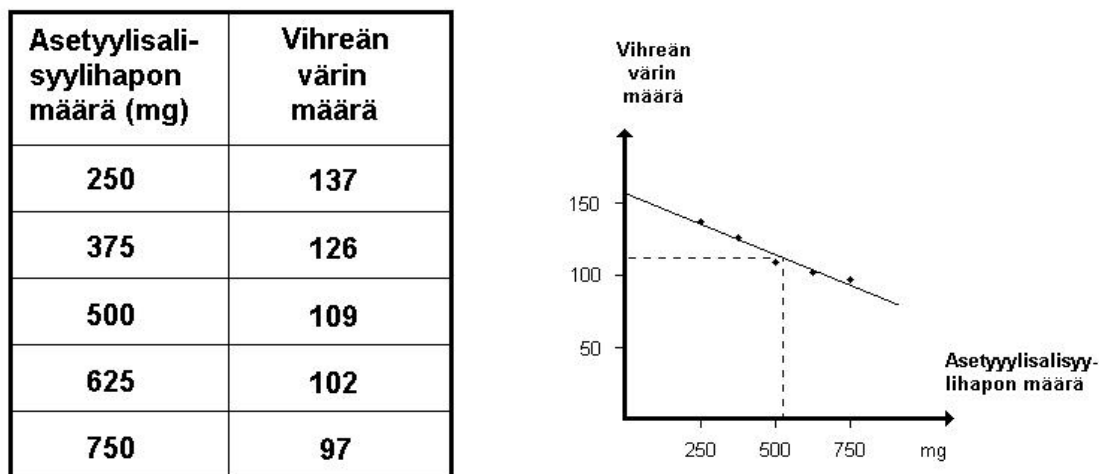
Edellä mainittuja näyteliuosta ja vertailuliuoksia laitetaan kutakin 5 millilitraa 6-kennolevyille, mikä puolestaan asetetaan piirtoheittimelle vihreän kalvon päälle kuvan 1 mukaisesti. Piirtoheittimen näkymästä otetaan valokuva.



Kuva 1. Liuoksia sisältävän 6-kennolevyn asettaminen piirtoheittimelle.

Valokuva avataan Paint-kuvankäsittelyohjelmassa, joka löytyy kaikista Windows-käyttöjärjestelmistä. Vasemmanpuoleisesta työkalurivistä valitaan *Värin valinta* –niminen työkalu. Viedään työkalu liuoksen keskelle ja painetaan hiiren vasenta nappia. Tämän jälkeen valitaan ohjelman yläriviltä *Värit*, sitten *Muokkaa värit* ja vielä *Määritä mukautetut värit* avautuneesta ikkunasta. Vihreän värin määrän voi nyt lukea ikkunan oikealta laidalta.

Mitä enemmän liuoksessa on punaista ferrisalisylaattia, sitä vähemmän vihreää väriä on. Kuvassa 2 on esitetty esimerkkinä eräs poiminta liuoksen pitoisuuden ja vihreän värin määrän välisestä riippuvuudesta. Tutkitussa tabletissa olevan asetyylisalisyylihapon määrän graafinen tulkinta on esitetty katkoviivalla, näyteliuoksen osalta vihreää väriä olisi 112 yksikköä. Tässä tapauksessa tabletissa olevan asetyylisalisyylihapon pitoisuus olisi 526 milligrammaa.



Kuva 2. Ferrisalisylaatin pitoisuuden ja vihreän värin määrän välinen riippuvuus.

Vihreän värin määrä voi vaihdella muutaman yksikön suuntaan tai toiseen värimäärityskertojen välillä. Kun kolmesta eri valokuvasta määritettiin vertailusuora niin, että vihreän värin määrä otettiin viiden värimäärityksen keskiarvona, saatiin vertailusuorien korrelaatiokertoimien itseisarvoiksi 0,973 – 0,976. Liuokset olivat valokuvissa samoja. Riekkolan & Hyötyläisen (2002) mukaan kvantitatiivisessa mittauksessa vertailusuoran korrelaatiokertoimen tulisi olla vähintään 0,995, joten valokuvaukseen perustuva menetelmä ei tätä vaatimusta täytä. Valokuvissa esiintyvälle liuossarjalle saatiin spektrofotometrillä mitattaessa korrelaatiokertoimeksi 0,997.

3. Menetelmän toteutus harjoitustyönä lukion kemian opetuksessa

Lukion valtakunnallisten opetussuunnitelmien perusteiden mukaisella kurssilla Kemian mikromaailma (KE2) käsitellään orgaanisten yhdisteiden rakenteen määrittämisessä käytettäviä menetelmiä (Opetushallitus, 2003). Tämän vuoksi lukion kemian oppikirjat käsittelevät spektroskopian menetelmiä kurssin KE2 kirjoissa. Kurssilla Reaktiot ja

energia (KE3) käsitellään orgaanisia reaktiotyyppejä (Opetushallitus, 2003), joihin kuuluu myös hydrolyysireaktio. Asetyyლისისყილიჰონ määrän mittauksen teorian ymmärtämiseksi oppilaan tulee tuntea hydrolyysireaktio, minkä vuoksi menetelmää tulisi toteuttaa harjoitustyönä vasta kurssilla KE3 tai sen jälkeen.

Kehitetty menetelmä esiteltiin erillisessä työpajassa Kemian opetuksen päivillä 17.4.2009. Työpajaan osallistui 13 kuulijaa. Menetelmän teknisen toteutuksen esittelyn jälkeen osallistujilta tiedusteltiin kyselylomakkeen avulla, mitä ongelmia liittyy menetelmän toteuttamiseen harjoitustyönä lukion kemian kurssilla KE3 (ei esimerkiksi erillisellä työkurssilla). Kyselylomakkeen kysymykset oli muotoiltu väittämiksi, jotka esittivät yhtä harjoitustyöhön mahdollisesti liittyvää ongelmaa. Kyselylomakkeessa vastaajaa pyydettiin ilmoittamaan, oliko hän väittämän kanssa samaa mieltä vai eri mieltä. Vastaajalla oli mahdollisuus valita myös en osaa sanoa –vaihtoehto. Väittämiä oli 17 neljästä eri aihepiiristä, joita olivat opetuksen suunnittelu, tietotekniikka, välineet ja niiden käyttö sekä opetus ja ajankäyttö. Taustatietona kysyttiin, onko vastaaja opettanut lukiossa yli vai alle 50 oppituntia.

Tulosten kannalta oltiin kiinnostuneita niiden vastaajien mielipiteistä, jotka olivat opettaneet lukiossa yli 50 oppituntia. Heitä oli viisi. Heistä kolme oli samaa mieltä väittämän kanssa, jonka mukaan analyysivaakaa ei välttämättä ole käytettävissä lukion kemian opetustilanteessa. Kaksi samaa mieltä –vastausta sai väittämä, jonka mukaan tietokoneita ei välttämättä ole käytettävissä lukion kemian opetuksessa sekä väittämä, jonka mukaan oppilailta menee liikaa aikaa harjoitustyön suorittamiseen. Kaksitoista väittämää sai lukiossa yli 50 tuntia opettaneilta vain yhden samaa mieltä –vastauksen. Näiden väittämien sisältämien ongelmien tulkittiin olevan vähemmän merkittäviä.

Suunnitelmana oli löytää ratkaisu niihin ongelmiin, jotka lukiossa yli 50 tuntia opettaneet mainitsivat merkittäviksi.

Mikäli harjoitustyöhön menisi oppilastyönä liikaa aikaa, voi harjoitustyön toteuttaa myös yhteisesti ikään kuin demonstraation omaisesti, jolloin oppilaiden harjoitustyöhön käyttämä aika on huomattavasti lyhyempi. Opettaja voi lyhentää harjoitustyöhön kuluva aikaa myös valmistamalla vertailuluokset ennen oppituntia.

Vertailuliusten valmistuksessa tulisi punnita analyysivaakalla asetyyლისისყილიჰაპოო tasan 500 milligrammaa. Mikäli analyysivaakaa ei ole käytettävissä, voi punnittavan asetyyლისისყილიჰონ korvata yhdellä 500 milligramman aspiriinitabletilla, kunhan ei kerro asiasta oppilaille.

Jos tietokoneita ei ole opetustilanteessa käytettävissä, voi valokuvan analysoinnin jättää aiheesta kiinnostuneiden oppilaiden kotitehtäväksi. Piirtoheittimen valkokankaan näkymästä otettu valokuva ja tulosten käsittelyyn tarkoitettu laskentataulukko sekä ohjeistusta löytyy Kemian opettajankoulutusyksikön internetsivuilta (<http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/>).

4. Yhteenveto

Kehitetyn valokuvaukseen perustuvan mittausmenetelmän avulla voidaan demonstroida spektrofotometrisen kvantitatiivisen mittauksen periaatetta. Lukion opettajille tehdyn kyselyn tulosten perusteella menetelmä kannattaa esitellä lukion kemian opetuksessa lyhyesti demonstraation tavoin, jottei toteutukseen kuluisi liikaa aikaa. Jos tietokoneita ei ole käytettävissä opetustilanteessa, tulosten käsittelyn voi antaa aiheesta kiinnostuneille oppilaille kotitehtäväksi. Kotitehtävän tueksi löytyy materiaalia Kemian opettajankoulutusyksikön internetsivuilta. Aspiriinin määrän mittaus valokuvaamalla on mahdollista toteuttaa ilman analyysivaakaa, jota ei kyselyn tulosten perusteella ole välttämättä käytettävissä.

Kiitokset

Tästä aiheesta kertova pro gradu –tutkielma valmistuu lukuvuonna 2010 – 2011. Tässä vaiheessa kiitokset kuuluvat seuraaville henkilöille: Ulla-Maija Nurmi, Maija Aksela, Johannes Pernaa, kaikki Kemian opetuksen päivien 2009 työpajaan osallistuneet sekä Helsingin yliopiston Kokeellisuus kemian opetuksessa II –kurssin opiskelijat, jotka autoivat kyselylomakkeen laadinnassa.

Lähteet

Saarinen, H., & Lajunen, L. (1991). *Analyttisen kemian perusteet*. Helsinki, Kemian kustannus.

Riekkola, M.-L., & Hyötyläinen, T. (2002). *Kolonnikromatografia ja kapillaarielektromigraatiotekniikat*, 2. painos. Helsinki, Yliopistopaino.

Opetushallitus. (2003). *Lukion valtakunnalliset opetussuunnitelmat*. Vammala, Vammalan kirjapaino.

Molekyyligastronomia lukion kemian opetuksessa

Riikka Ahvenniemi & Maija Aksela

Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto

Molekyyligastronomia on tieteenala, joka tutkii ruuanvalmistukseen liittyviä kemiallisia ja fysikaalisia ilmiöitä. Tässä esitellään kehittämistutkimuksen ensimmäinen osa. Sen tavoitteena oli selvittää, miten molekyyligastronomia on esillä lukion 1. kurssin kemian opetuksessa. Tutkimuksessa analysoitiin viisi lukion kemian ensimmäisen kurssin oppikirjaa. Tutkimusmenetelmänä käytettiin teorialähtöistä sisällönanalyysiä, jossa molekyyligastronomian mainintojen luokittelu perustuu ruuanvalmistuksen perusmolekyyleihin (hiilihydraatit, rasvat, proteiinit, vesi ja mineraalit). Lisäksi maininnat jaettiin alaluokkiin esiintymispaikan mukaan (leipäteksti, kuvateksti, lisätieto-ruutu, harjoitustehtävä, laboratoriotyö). Tutkimus osoittaa, että molekyyligastronomiia esiintyy opetuksessa melko vähän.

1. Molekyyligastronomian määrittelyä

Molekyyligastronomia syntyi vuonna 1988 kahden tutkijan, Hervé Thisin ja Nicholas Kurtin, kiinnostuksesta ymmärtää ruuanvalmistukseen liittyviä prosesseja. Näin syntyi tieteenala, jota he alkoivat kutsua molekyyligastronomiaksi. (This, 2002)

Molekyyligastronomiassa on kyse ruuanvalmistuksen taustalla olevien kemiallisten ja fysikaalisten ilmiöiden tutkimisesta. Molekyyligastronomia tutkii esimerkiksi sitä, miksi majoneesista tulee kiinteää tai miksi kohokas paisuu. Molekyyligastronomian tarkoituksena on kerätä, tutkia, jäsentää ja analysoida ruuanvalmistukseen liittyviä uskomuksia ja reseptejä, sekä muokata niitä tutkimustulosten perusteella. (This, 2006) Molekyyligastronomia on selkeästi osa elintarviketieteitä, mutta kuitenkin erillinen tieteenala, sillä se keskittyy ensisijaisesti ruuanvalmistuksen tutkimiseen sellaisena kuin ruokaa valmistetaan kodeissa ja ravintoloissa (This, 2002).

2. Ruuanvalmistuksen perusmolekyylit

Ruuat ovat kompleksisia seoksia, joita on vaikea analysoida kemiallisesti. Ruuanvalmistukseen liittyy lukematon määrä reaktioita, joista kaikista ei olla vielä edes täysin selvillä. Yksinkertaistamaan ruuanvalmistukseen liittyviä reaktioita hyödynnetään biokemian luokittelua, jolloin ruuanvalmistuksen perusmolekyylit luokitellaan seuraavasti: hiilihydraatit, rasvat, proteiinit, vesi ja mineraalit. (This, 2007) Vastaavanlaisia luokitteluja tekevät muun muassa Harold McGee (1991) kirjassaan *On Food and Cooking – The Science and Lore of Kitchen* sekä Anu Hopia (2008) kirjassaan *Kemiaa keittiössä*.

3. Molekyyligastronomia ja kemia opetus

Kemian opiskelu molekyyligastronomian avulla on kontekstuaalista oppimista. Kontekstuaalinen oppiminen kemian opetuksessa pyrkii tarkastelemaan kemian ilmiöitä sellaisessa kontekstissa, joiden tiedetään olevan oppilaiden mielestä kiinnostavia (Lavonen et al., 2007)

Molekyyligastronomiia kemian opetuksessa ei ole aiemmin tutkittu. Tiedemaailmassa käydään keskustelua mahdollisuuksista liittää molekyyligastronomia kouluopetukseen. This (2006b) esittää artikkelissaan huolensa kasvavaa kielteistä asennetta tieteitä kohtaan. Hänen mukaansa asenteet voitaisiin saada muuttumaan tieteeseen pohjautuvien opetusaktiviteettien avulla. Ruuan vetovoimaa käytetään johdatteluna, mutta erilaisilla aktiviteeteilla pyritään ohjaamaan lapset kohti tieteellisiä, teknologisia ja kulttuurisia kysymyksiä sen sijaan, että keskityttäisiin ruokiin vain syömistarkoituksessa. This jatkaa artikkelissaan, että kysymysten tekeminen on tieteessä äärimmäisen tärkeää, ja lapsille tulisikin opettaa kysymysteiden taito. (This, 2006b)

Linden, McClements ja Ubbink (2008) korostavat artikkelissaan molekyyligastronomian mahdollisuuksia parantaa kommunikaatiota ja ymmärrystä taiteilijoiden, tiedemiesten, oppilaiden ja suuren yleisön välillä. Akateemisen tiedon levittäminen muihin koulutuksellisiin elimiin, kuten myös tietojen ja taitojen siirtyminen eri koulutustasojen välillä, onnistuu monella tavalla. Tiedemiehille tyypillinen ajattelutapa on suotavaa esitellä lapsille ja nuorille alakoulusta lukioon. Ruoka tarjoaa erinomaisen tutun aiheen havainnollistamaan asioita. Sen lisäksi, että oppilaat oppivat molekyyligastronomian kautta arvokkaan tavan ajatella, ruoka oppiaiheena automaattisesti perehdyttää myös tietoon, joka on olennaista arvioitaessa esimerkiksi ruuan terveellisyttä. (Linden, McClements ja Ubbink, 2008)

4. Tutkimus

4.1 Tutkimuksen lähtökohta

Kehittämistutkimuksen ensimmäisen osan tavoitteena oli selvittää, millä tavalla lukion ensimmäisen kurssin opetuksessa käsitellään molekyyligastronomiia oppikirjojen perusteella. Tavoitteena oli kartoittaa, kuinka paljon molekyyligastronomiaan liittyviä mainintoja oppikirjoissa on, ja millä tavalla ne oppikirjoissa esiintyvät. Tarkastelu tehdään oppikirjoihin, koska tutkimusten mukaan toteuttaessaan opetussuunnitelmaa opetuksessaan opettajat tukeutuvat vahvasti oppikirjoihin. (Uusikylä & Atjonen, 2000) Tutkimusaineistona käytettiin vuoden 2003 lukion opetussuunnitelman perusteiden mukaisia yleisimpiä kemian 1. kurssin oppikirjoja. Oppikirjat nimettiin kirjaintunnuksin A-E. Tutkimuksessa käytetyt oppikirjat on esitelty lähdeluettelossa kohdassa ”Tutkimuksessa käytetty tutkimusmateriaali”.

Oppikirjoissa esiintyneet molekyyligastronomia maininnat jaoteltiin ruuanvalmistuksen perusmolekyyliden mukaisesti viiteen luokkaan (hiilihydraatit, rasvat, proteiinit, vesi ja mineraalit), joissa edelleen viiteen esiintymispaikkaan: leipäteksti, kuvateksti, lisätietoruutu, harjoitustehtävä ja laboratoriotyö.

4.2 Tutkimuskysymykset

Tutkimuskysymys ja alakysymykset on esitelty seuraavassa:

Millä tavalla lukion 1. kurssin opetuksessa käsitellään molekyyligastronomiaa?

- i. Kuinka paljon ja minkä käsitteiden yhteydessä molekyyligastronomiaa esiintyy?
- ii. Missä tekstiyhteydessä molekyyligastronomia esiintyy?

4.3 Tutkimusmenetelmä

Tässä työssä käytetään teorialähtöistä sisällönanalyysiä. Sisällönanalyysiä voidaan pitää paitsi yksinkertaisena metodina myös väljänä teoreettisena viitekehyksenä (Tuomi & Sarajärvi, 2002).

Teorialähtöisessä sisällönanalyysissä aineiston analyysin luokittelu perustuu aikaisempaan viitekehykseen. Teorialähtöisen sisällönanalyysin ensimmäinen vaihe on analyysirungon muodostaminen ja toinen vaihe on aineiston pelkistäminen ja kolmas vaihe luokittelu tai kategorisoiminen. Tämän jälkeen analyysiä voidaan jatkaa aineiston kvantifioinnilla eli laskemalla aineistosta, montako kertaa sama asia esiintyy aineistossa. (Tuomi & Sarajärvi, 2002)

Tässä työssä analyysirunko muodostettiin ruuanvalmistukseen liittyvien perusmolekyylien mukaan: hiilihydraatit, rasvat, proteiinit, vesi ja mineraalit. Tämän perusteella oppikirjoista löytyneet maininnat jaoteltiin näihin luokkiin. Näiden luokkien sisällä maininnat luokiteltiin edelleen niiden esiintymispaikan perusteella seuraavasti: leipäteksti, kuvateksti, lisätieto-ruutu, harjoitustehtävä, laboratoriotyö. Oppikirjoista löydettyistä maininnoista tarkasteltiin myös, minkä kemian käsitteen yhteydessä ne esitettiin. Lisäksi työssä tarkasteltiin molekyyligastronomian mainintojen sisältöä oppikirjoissa.

Tutkimuksessa keskityttiin tarkastelemaan molekyyligastronomiaa, kuten se teoriaosassa on määritelty. Tarkastelun ulkopuolelle jätettiin kaikki muu tieteisiin tai kokeellisuuteen perustuva ruuanvalmistus sekä elintarviketieteet ylipäätään.

Ruuanvalmistukseen liittyviä mainintoja, joissa ruuanvalmistukseen liittyvää kemiaa ei tarkastella, ei tarkastelussa huomioitu. Tarkastelussa rajoitutaan tarkastelemaan seuraavia paikkoja: leipätekstiä, kuvatekstejä, lisätieto-ruutuja, harjoitustehtäviä sekä laboratoriotoita, joiden yhteydessä molekyyligastronomiaa voi oppikirjoissa esiintyä. Harjoitustehtävät, joissa vastaukseksi oletetaan ruuanvalmistuksen taustalla olevan kemian perustelemista, otettiin huomioon molekyyligastronomian mainintana. Samassa harjoitustehtävässä (esim. a- ja b-kohta) tai lisätieto-ruudussa esiintyneet erilliset molekyyligastronomiset maininnat luokiteltiin omiksi maininnoikseen.

4.4 Tutkimustuloksia

4.4.1 Molekyyligastronomian esiintyminen ja käsitteyhteys

Molekyyligastronomiaa tarkasteltiin sisällönanalyysillä viidestä lukion kemian 1. kurssin oppikirjasta. Kaikissa viidessä tutkitussa oppikirjassa esiintyi molekyyligastronomiaa. Molekyyligastronomian mainintoja löytyi kaikista oppikirjoista yhteensä 20. Molekyyligastronomian maininnat jakautuivat eri oppikirjojen välille epätasaisesti, mainintoja oli oppikirjoissa yhdestä kymmeneen.

Tutkimuksen tulokset osoittavat, että molekyyligastronomiaa esiintyy lukion kemian 1. kurssin oppikirjoissa melko vähän. Terminä molekyyligastronomia ei tullut oppikirjoissa esiin kertaakaan. Kaikista molekyyligastronomian maininnoista puolet esiintyi yhdessä oppikirjassa, ja muissa oppikirjoissa molekyyligastronomian mainintojen lukumäärä vaihtelee yhdestä viiteen.

Yhteensä yhdeksän eri kemian käsitteen (amiinit, denaturoituminen, hapettumisreaktio, hiilihydraatti, kemiallinen reaktio, liukoisuus, molekyyliden väliset vuorovaikutukset, pitoisuus, seos) opetuksen yhteydessä esiintyi molekyyligastronomiaa. Runsaimmin molekyyligastronomiaa hyödynnettiin hiilihydraattien opetuksen yhteydessä. Suurin osa molekyyligastronomian maininnoista liittyi ruuanvalmistuksen perusmolekyyleistä hiilihydraatteihin.

4.4.2 Molekyyligastronomia ja tekstiyhteys

Enimmäkseen hiilihydraattien kohdalla molekyyligastronomiaan viittaneet maininnat esiintyivät enimmäkseen lisätieto-ruuduissa. Usein lisätieto-ruutujen käsittely jää oppilaan oman kiinnostuksen varaan. Lisäksi tutkituista oppikirjoista vain yhdessä esiintyi molekyyligastronomiaa sisältävä lisätieto-ruutu.

Esimerkki molekyyligastronomian maininnasta, jossa keskeinen ruuanvalmistuksen perusmolekyyli on hiilihydraatti, oppitunnilla käsiteltävä kemian käsite on hiilihydraatti ja maininnan esiintymiselementtinä on harjoitustehtävä: *"Anna kemiallinen selitys seuraaville ilmiöille: b) Marjahyytelöiden valmistuksessa suositellaan hieman raakoja ja vastikään kypsyneitä marjoja."* (Neon 1, s. 145)

Eri esiintymispaikoista eniten molekyyligastronomian mainintoja oli harjoitustehtävien yhteydessä. Harjoitustehtävissä tehtävän vastaukseksi odotettiin ruuanvalmistuksen taustalla olevan kemiallisen ilmiön selittämistä. Oppitunnilla käyty teoria pyrittiin harjoitustehtävien avulla kytkemään oppilaan omaan arkielämään. Opettajan vastuulle jää, miten harjoitustehtäviä käsitellään ja tuodaanko niiden yhteydessä molekyyligastronomiaan liittyvä kysymysten tekemisen taito esille.

Yleisesti voidaan sanoa, että molekyyligastronomiaa oli oppikirjoissa selitetty vain sanallisesti, kuten *"Pallomaiset proteiinit voivat denaturoitua jopa voimakkaan ravistelun tai vispauksen johdosta. Esimerkiksi marengin valmistaminen kananmunan valkuaisesta perustuu tähän ilmiöön."* (Kide 1, s. 109) Oppikirjoissa ei esiintynyt ainuttakaan reaktioyhtälöä tai kaaviota, joiden avulla ruuanvalmistukseen liittyvää kemiaa olisi

tarkemmin selitetty. Tutkituissa oppikirjoissa vain neljän maininnan yhteydessä oli kuva kyseessä olevasta ruuasta. Ruuanvalmistukseen liittyviä kemiallisia ilmiöitä selitettiin melko yksinkertaistavasti. Tämä on varmasti perusteltua kemian 1. kurssin ollessa kyseessä.

Tavallisesti leipätekstissä molekyyligastronomian avulla pyrittiin selventämään jotakin kemiallista ilmiötä oppilaille tutummassa kontekstissa, kuten seosten yhteydessä: *”Monien ruokien ja elintarvikkeiden valmistus kotona ja teollisuudessa perustuu erilaisten seosten valmistamiseen. Tyypillinen esimerkki on majoneesi, jota tehdessä ruokaöljy sekoitetaan vesipitoiseen seokseen. Jos sekoitus onnistuu, ruokaöljy hajoaa majoneesiseokseen niin pieniksi pisaroiksi, että silmämääräisesti seos vaikuttaa tasa-aineiselta, vaikka kyseessä on emulsio.”* (Neon 1, s. 25)

Kuvateksteissä olleet molekyyligastronomian maininnat syvensivät leipätekstissä käsiteltyä kemiallista ilmiötä tai käsitettä tuomalla esiin yhden konkreettisen esimerkin aiheesta. Muun muassa hapettumisreaktion opettamisen kohdalla tuotiin esille jokaisen kotikeittiöstä tuttu ilmiö: *”Hedelmien ja juuresten leikkauspinnan tummuminen johtuu entsyymien katalysoimista hapettumisreaktiosta. Hapettavana aineena on ilman happi. Tummumista ei tapahdu, jos estetään ilman hapen pääsy leikkauspintaan, tehdään entsyymi toimintakyvyttömäksi tai jos läsnä on antioksidantteja. Siksi esimerkiksi kuoritut juurekset säilytetään vedessä, omenalohkoille puristetaan sitruunamehua ja hedelmäsäilykkeisiin lisätään antioksidantteja.”* (Reaktio 1, s.124)

Harjoitustehtävien kohdalla useimmiten tunnilla käsitelty ilmiö pyrittiin liittämään molekyyligastronomian avulla oppilaan arkielämään. Harjoitustehtävien kohdalla kysymyksen asettelulla pyrittiin saamaan vastaukseksi molekyyligastronominen selitys ruuanvalmistukseen liittyvälle ilmiölle, kuten *”Selitä seuraavat osmoosin avulla (katso tehtävä 102). b) Miksi pihvi kannattaa suolata vasta paistamisen jälkeen?”* (Kemisti 1, s. 104)

Lisätieto-ruuduissa molekyyligastronomiaa selitettiin muita kirjan osia syvällisemmin, kuten *”Kun tärkkelyspitoisia aineita, kuten jauhoja, kuumennetaan kuivina, niiden väri muuttuu ruskeaksi. Tämä johtuu siitä, että kuumennettaessa tärkkelysmolekyylit pilkkoutuvat pienempimolekyylisiksi hajoamistuotteiksi. Samalla jauhojen maku muuttuu makeammaksi ja sen saostuskyky huononee. Tämän vuoksi 24 ruskean kastikkeen valmistukseen tarvitaan enemmän vehnä jauhoja kuin yhtä paksuun valkokastikkeeseen. Tapahtumaan kutsutaan dekstrinaatioksi.”* (Neon 1, s. 144)

5. Johtopäätökset ja pohdinta

Tutkimuksen tulokset osoittavat, että molekyyligastronomiaa esiintyy lukion kemian 1. kurssin oppikirjoissa melko vähän. Terminä molekyyligastronomia ei tullut oppikirjoissa esiin kertaakaan. Kaikista tutkituista viidestä oppikirjasta löytyi molekyyligastronomian mainintoja. Kaikista molekyyligastronomian maininnoista puolet esiintyi yhdessä oppikirjassa, ja muissa oppikirjoissa molekyyligastronomian mainintojen lukumäärä vaihtelee yhdestä viiteen.

Yhteensä yhdeksän eri kemian käsitteen opetuksen yhteydessä esiintyi molekyyliogastronomiiaa. Runsaimmin molekyyliogastronomiiaa hyödynnettiin hiilihydraattien opetuksen yhteydessä. Suurin osa molekyyliogastronomian maininnoista liittyi ruuanvalmistuksen perusmolekyyleistä hiilihydraatteihin. Enimmäkseen hiilihydraattien kohdalla molekyyliogastronomiiaan viitanneet maininnat esiintyivät enimmäkseen lisätieto-ruuduissa. Usein lisätieto-ruutujen käsittely jää oppilaan oman kiinnostuksen varaan. Lisäksi tutkituista oppikirjoista vain yhdessä esiintyi molekyyliogastronomiiaa sisältävä lisätieto-ruutu.

Eri esiintymiselementeistä eniten molekyyliogastronomian mainintoja oli harjoitustehtävien yhteydessä. Harjoitustehtävissä tehtävän vastaukseksi odotettiin ruuanvalmistuksen taustalla olevan kemiallisen ilmiön selittämistä. Oppitunnilla käyty teoria pyrittiin harjoitustehtävien avulla kytkemään oppilaan omaan arkielämään. Opettajan vastuulle jää, miten harjoitustehtäviä käsitellään ja tuodaanko niiden yhteydessä molekyyliogastronomiiaan liittyvä kysymysten tekemisen taito esille.

Oppikirjoista löytyi vain yksi kokeellinen työ, joka liittyi molekyyliogastronomiiaan. Mikäli opettaja haluaa käyttää molekyyliogastronomiiaa oppitunneillaan, on hänen etsittävä molekyyliogastronomiasta tietoa ja kokeellisia töitä oppikirjojen ulkopuolelta.

Päätellen siitä, kuinka runsaasti molekyyliogastronomiia on viime aikoina ollut esillä eri yhteyksissä, voitaneen olettaa, että tulevaisuudessa molekyyliogastronomiiaa tulee esiintymään oppikirjoissa enemmän. Molekyyliogastronomiia tarjoaisi kemian opetukseen erinomaiset mahdollisuudet luoda oppilaille yhteyksiä luonnontieteiden ja heidän arkielämän välille sekä opettaa oppilaille luonnontieteille ominaista kysymysten tekemisen taitoa.

Lähteet

Hopia, A. (2008). *Kemiaa keittiössä*, Keuruu, Otavan Kirjapaino Oy

Lavonen, J., Meisalo, V. et al., (2007). Matemaattis-luonnontieteellisten aineiden työtapaopas, <http://www.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/kokeel/lahestymist/index.html>. (luettu 14.3.2009).

McGee, H. (1991). *On Food and Cooking – The Science and Lore of the kitchen*, Lontoo, HarperCollins Publishers.

van der Linden, E., McClements, D., & Ubbink, J., (2008). Molecular Gastronomy: A Food fad or an Interface for Science-based Cooking?, *Food Biophysics*, 3, 246-25.

This, H. (2002). Molecular gastronomy, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 41 (1), 83-88.

This, H. (2006a). Food for tomorrow? *European Molecular Biology Organization Reports*, 7, 1062-1066.

This, H. (2006b). Molecular Gastronomy and the Foundation “Food Science and Food Culture”. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 5, 48-50.

Tuomi, J. ja Sarajärvi, A., (2002). *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi*. Jyväskylä, Gummerus Kirjapaino Oy

Uusikylä, K., & Atjonen, P. (2000). *Didaktiikan perusteet*. Juva, WS Bookwell Oy

Tutkimuksessa käytetty materiaali:

A: Kaila, L., Meriläinen, P., Ojala, P., Pihko, P., & Salo, K. 2005. *Lukion kemia – REAKTIO 1, Ihmisen ja elinympäristön kemia*. Helsinki, Tammi.

B: Lampiselkä, J., Sorjonen, T., Vakkilainen, K-M., Aroluoma, I., Kanerva, K., Karkela, L., & Mäkelä, R. 2004. *Kemisti 1 – Ihmisen ja elinympäristön kemia*. Helsinki, WSOY.

C: Kalkku, I., Kalmi, H., & Korvenranta, J. 2004. *KIDE 1 – Ihmisen ja elinympäristön kemia, KE1*. Helsinki, Otava.

D: Hannola-Teitto, M., Jokela, R., Leskelä, M., Näsäkkälä, E., Pohjakallio, M., & Rassi, M. (2004). *Neon 1 – Ihmisen ja elinympäristön kemia*. Helsinki, Edita.

E: Lehtiniemi, K., & Turpeenoja, L. (2005). *MOOLI 1 – Ihmisen ja elinympäristön kemia*. Helsinki, Otava.

Kokeellisuus ja kiinnostus kemian opetuksessa (T)

Keijo Arajärvi & Maija Aksela

Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto

Kemian kiinnostavuuden tutkiminen on ajankohtaista. Nuorten on väitetty olevan yhä vähemmän kiinnostuneita matemaattis-luonnontieteistä eri puolilla maailmaa. Lukion opetussuunnitelman perusteita uudistettiin voimakkaasti 2003, ja näiden muutosten vaikutuksesta oppilaiden kemian kiinnostukseen on vähän tutkimustietoa. Kiinnostuksen herättäminen on mainittu kemian opetussuunnitelman perusteissa yhtenä tavoitteena.

Kiinnostus opiskeltavaan aiheeseen on oppimisen kannalta tärkeää. Kiinnostunut oppilas seuraa paremmin, keskittyy opiskeluun tehokkaammin, ja haluaa oppia. Hänellä on myös positiivisia tunteita aiheesta. Kokeellisuus on lähestymistapana ja sisältönä mainittu erikseen opetussuunnitelman perusteissa. On tärkeä tutkia oppilaita ja saada lisätietoa, millainen kokeellisuus ja miten järjestettynä herättää parhaiten nuorissa kiinnostusta.

Tässä tutkimuksessa tutkittiin lukion 1. kurssin suorittaneiden kiinnostusta kemian kokeellisuuteen survey -tutkimuksena. Tutkimusaineisto kerättiin e-lomakkeella, ja vastaajat olivat eri puolilta Suomea. Vastauksia saatiin 176 kappaletta. Tutkimuksen taustamuuttujina olivat sukupuoli, aiemmillä kursseilla käytetyn kokeellisuuden määrä, sekä opiskeleeko oppilas luonnontieteellisesti painotetussa koulussa vai tavallisessa.

Tutkimus osoittaa, että eniten oppilaita kiinnostivat opetuksen työtavoista parityöskentely. Lukiolaiset olivat myös hyvin kiinnostuneita oikeiden kemian laboratorioaineiden, ja -välineiden käytöstä. Myös pitkät projektityöt ja ihmiseen liittyvät aiheet kiinnostivat nuoria. Pojat olivat tyttöjä enemmän kiinnostuneempia kokeellisuudesta. Tyttöjä kiinnostivat lyhyet joka kodin välineillä tehtävät työt. Luonnontieteellisesti painotetun koulun oppilaat olivat kiinnostuneempia kokeellisuudesta verrattuna muihin tutkittuihin nuoriin.

1. Kiinnostus

Kiinnostus on ilmiö, jota on tutkittu 1800-luvulta lähtien. Sen tutkiminen lisääntyi voimakkaasti 1900-luvulla. Useimmiten kiinnostuksen ajatellaan esiintyvän yksilön vuorovaikutuksessa ympäristönsä kanssa. (Wilcox-Herzog & Ward 2004) Monessa tutkimuksessa on yritetty selvittää kiinnostuksen merkitystä oppimiselle. Tässä tutkimuksessa tutkitaan tekijöitä, jotka herättävät kiinnostusta.

Kansainvälisesti kiinnostustutkimusta on tehty: joukossa myös isoja ja laajoja tutkimuksia, (esimerkiksi PISA-tutkimus 2006). Ne ovat antaneet selkeitä tuloksia. Tutkimusten mukaan ihmiseen liittyvät kontekstit ovat olleet suosittuja, muuten kiinnostus vaihtelee sukupuolen mukaan.

Kiinnostuksen aste opetettavaan aineeseen vaikuttaa oppimiseen mm. parantamalla tarkkaavaisuutta. (Haanel 2007) Myös oppilaan opiskelustrategiat ovat yleensä kehittyneempiä aineissa, joihin hän tuntee kiinnostusta. (Ekwensi et al., 2006) Kemiassa tärkeä on tilannekohtainen kiinnostus, joka syvenee henkilökohtaiseksi kiinnostukseksi parantaen oppimisen laatua. (Ekwensi et al., 2006) Kiinnostuneelle oppilaalle tyypillisiä piirteitä ovat mm. lisääntynyt huomio, parempi keskittyminen, sekä positiiviset

tuntemukset (Haanel 2007). Kiinnostus tuottaa tiiviin suhteen opiskeltaviin asioihin, ja syventää oppimisen tasoa. Kiinnostuksella on suora yhteys oppimistuloksiin, koska se vaikuttaa sitoutumisen ja periksiantamattomuuden määrään. (Grant & Decker 2008)

On monta syytä tutkia kiinnostusta kemian opetuksessa. Tärkein syy on se, että kemiaa tarvitaan yhteiskunnassa, ja monissa työtehtävissä. Opetuksen ja kiinnostuksen tutkiminen parantaa mahdollisuuksia saada kemian osajia kilpailukyvyyn kannalta kriittisille teollisuuden aloille. Myös poliittinen päätöksenteko edellyttää kemiallista tietämystä. (de Jong et al., 2002)

Uusimmassa Kemian opetus tänään – tutkimuksessa (Aksela & Karjalainen 2008) tutkittiin mm. kokeellisen opetuksen yleisyyttä Suomen kouluissa. Peruskoulussa melkein kaikki opettajat teettivät kokeellisia töitä, yli 87 % enemmän kuin kuusi työtä kurssia kohti. Lukiossa yleisin teetetty määrä töitä oli kahdesta neljään kurssia kohti. Tämä on selvästi enemmän kun aiemmassa Kemian opetus tänään -tutkimuksessa vuodelta 1999. Ilmeisesti kokeellisen opetuksen osuus on kasvanut etenkin lukiossa.

Yleisin opettajien mainitsema syy kokeellisen työtavan käytölle oli ”oppimisen takia”. Seuraavaksi yleisimpiä syitä olivat havainnollisuus ja teoriayhteys. Näiden jälkeen tulee motivointi ja oppilaiden kiinnostus. Muutamat mainitsivat syyksi myös vaihtelun ja mukavuuden. Suurimmat syyt töiden teettämättömyyteen olivat ajanpuute, resurssien puute, sekä liian suuri ryhmäkoko.

Kemian opetuksen yleistavoitteina on, että opiskelija osaa kemian keskeisimmät peruskäsitteet ja tietää kemian yhteyksiä jokapäiväisen elämän ilmiöihin sekä ihmisen ja luonnon hyvinvointiin. Lukion opetussuunnitelman perusteet, LOPS (2003) edellyttää oppilaan kykenevän kokeelliseen työskentelyyn, töiden suunnitteluun sekä tulosten arviointiin ja esittämiseen. Oppilaan tulee kyetä käyttämään modernia teknologiaa avukseen, ja kyetä käyttämään kemian tietoja yhteiskunnallisena keskustelijana, päätöksentekijänä, sekä kuluttajana. Oppilaan tulisi myös saada kokemuksia, jotka herättävät kiinnostusta kemiaa kohtaan. Kurssikohtaisissa tavoitteissa ei ole mainintaa kiinnostuksesta.

Kiinnostus riippuu suureksi osaksi työtavoista, joita oppitunneilla käytetään. (Epstein 2007) On olemassa paljon hyviä työtapoja, tärkeintä on, että tehtävien konteksti on kiinnostava. Ryhmässä toimiminen auttaa herättämään kiinnostusta, kunhan jokaisella on oma vastualueensa tehtävässä. Työtapojen ja kiinnostuksen välinen yhteys on tutkimuksissa havaittu (Lavonen et al., 2005). LOPS tukee kiinnostuksen ylläpitämistä ja syventämistä monipuolisilla työtavoilla.

2. Tutkimus

Tavoitteena on tutkia kiinnostuksen, ja koulussa suoritettujen kokeellisten töiden määrän välistä yhteyttä. Tutkimuksessa verrataan myös oppilaan sukupuolen vaikutusta kiinnostukseen, sekä haluun suorittaa lisää kemian kursseja. Lisäksi verrataan luonnontieteellisesti painotetun koulun, ja tavallisen koulun oppilaiden kiinnostuksen määrää.

Tutkimus toteutetaan seuraavien pää- ja ala- tutkimuskysymysten pohjalta:

1. Millaiset kokeelliset työtavat kiinnostavat nuoria?
 - 1.1. Miten nuorten sukupuoli vaikuttaa kiinnostukseen?
 - 1.2. Mitä eroa on luonnontieteellisesti painotetun lukion ja tavallisen lukion oppilaiden kiinnostuksessa?
 - 1.3. Miten kurssilla käytetyn kokeellisuuden määrä vaikuttaa kiinnostukseen?
2. Minkälaisiin kemian aiheisiin liittyvä kokeellisuus kiinnostaa nuoria?
 - 2.1. Miten nuorten sukupuoli vaikuttaa kiinnostukseen?
 - 2.2. Mitä eroa on luonnontieteellisesti painotetun lukion ja tavallisen lukion oppilaiden kiinnostuksessa?
 - 2.3. Miten kurssilla käytetyn kokeellisuuden määrä vaikuttaa kiinnostukseen?

2.1 Tutkimusmenetelmä

Tutkimusmenetelmänä on survey-tutkimus (Cohen & Manion 1980) ja tutkimus suoritettiin kyselytutkimuksena e-lomakkeen avulla Internetissä. Oppilaat vastaavat kyselyyn opettajan kehoituksesta. Verkkolomakkeen käytön vuoksi tutkija ei tapaa tutkittavia oppilaita. Opettajat ovat saaneet tutkimuspyynnön kemian opetuksen -tiedotuslistan kautta. Vastaajat ovat eri puolilta Suomea.

Lomaketta testattiin koehenkilöillä ennen tutkimusta ja paranneltiin saadun palautteen pohjalta. Tutkimusajankohta oli 2.2. - 15.3. 2009, ja tutkimuksen kohderyhmänä olivat lukiolaiset, jotka olivat suorittaneet ainoastaan lukion pakollisen kemian kurssin

2.2 Kohderyhmä

Tutkimukseen vastanneista 176 oppilaasta 91 oli miehiä ja 85 naisia. Vastaajista 93 opiskeli luonnontieteellisesti painotetussa koulussa, ja 83 tavallisessa koulussa. 173 oli suorittanut lukion pakollisen kemian kurssin, kolmella se oli kesken. 150 vastaajaa aikoi lukea lisää kemian kursseja, 26 ei aikonut. 166 vastaajalla oli ollut kokeellisuutta pakollisella kemian kurssilla, kymmenellä ei. 121 vastaajan mielestä kokeellisuuden määrä oli ollut sopiva, 53 mielestä liian vähäinen ja kahden vastaajan mielestä liian suuri.

Kokeellisuus kiinnostaa vastaajia. Kysymys "Kuinka paljon kokeellisuus sinua kiinnostaa?" antoi 3,79 keskiarvon poikien antaessa 3,79 ja tyttöjen 3,64. Keskihajonnat olivat vastaavasti kaikille 1,05, pojille 1,12 ja tytöille 0,98. T-testillä saatiin arvo 0,22.

Tutkimustulokset analysoitiin käyttäen tilastollisia menetelmiä. Aineistosta laskettiin keskiarvot, keskihajonnat, sekä p-arvo, joka kuvaa kahden tai useamman vastaajaryhmän erojen merkitsevyyttä. Apuvälineenä käytettiin Excel-ohjelmaa. Ennen analyysiä aineisto käytiin läpi, ja siitä poistettiin muutama vastaus, jotka olivat selvästi epäluotettavia. Epäluotettaviksi määriteltiin outoja ristiriitaisuuksia, ja asiattomia kommentteja sisältäneet vastaukset.

3. Tulokset

Tulokset esitellään tutkimuskysymyksittäin.

1. Nuoria kiinnostavat kokeelliset työtavat

Nuoria kiinnostaa eniten parityöskentely, sen jälkeen ryhmässä työskentely, ja selkeästi vähiten kiinnostivat yksin tehtävät työt (taulukko 1). Pojat olivat kuitenkin kiinnostuneempia isommissa ryhmissä tehtävistä töistä kuin paritöistä.

Taulukko 1. Sukupuolen vaikutus kokeellisuuden eri ryhmäkokojen kiinnostavuuteen.

Kysymys	Keskiarvo	Keski-hajonta	Keskiarvo (pojat)	Keskiarvo (tytöt)	Keski-hajonta (pojat)	Keski-hajonta (tytöt)	P-arvo
Kuinka paljon sinua kiinnostaa parityöskentely?	3,47	1,05	3,34	3,61	1,02	1,06	0,04
Kuinka paljon sinua kiinnostavat ryhmätyöt?	3,35	1,01	3,42	3,27	0,90	1,12	0,26
Kuinka paljon sinua kiinnostaa yksin työskenteleminen?	3,00	1,19	3,01	2,92	1,15	1,24	0,17

Oikeilla kemikaaleilla työskentely oli selkeästi kiinnostavinta ja opettajan demonstraatioiden ollessa kiinnostavampia kuin tietokoneavusteiset työt. Tämä näkyy (taulukko 2). Pojat ovat kiinnostuneempia ja tietokoneavusteisissa töissä ero on erittäin merkitsevä.

Taulukko 2. Sukupuolen vaikutus kokeellisuuden työmuotojen kiinnostavuuteen

Kysymys	Keski-arvo	Keski-hajonta	Keskiarvo (pojat)	Keskiarvo (tytöt)	Keski-hajonta (pojat)	Keski-hajonta (tytöt)	p-arvo
Kuinka paljon sinua kiinnostavat tietokoneavusteiset työt?	3,02	1,19	3,35	2,67	1,23	1,03	0,000064
Kuinka paljon sinua kiinnostaa opettajan tekemä kokeellisuus?	3,26	1,07	3,32	3,19	1,12	1,02	0,33
Kuinka paljon sinua kiinnostaa laboratoriokemikaaleilla työskentely?	3,69	1,14	3,73	3,65	1,12	1,16	0,46

Taulukosta 3 selviää, että pojat ovat kiinnostuneempia erilaisista työmuodoista. Erityisesti pitemmät ja haastavammat työt ovat selvästi enemmän poikien mieleen.

Taulukko 3. Koulun tyypin vaikutus eri pituisten töiden kiinnostavuuteen, pojilla.

Kysymys	Keskiarvo	Keski-hajonta	Keskiarvo (painotettu koulu)	Keskiarvo (tavallinen koulu)	Keski-hajonta (painotettu koulu)	Keski-hajonta (tavallinen koulu)
Kuinka paljon sinua kiinnostavat yli viikon kestävät työt?	2,88	1,26	3,06	2,67	1,24	1,26
Kuinka paljon sinua kiinnostavat ongelmanratkaisutehtävät?	3,36	1,17	3,55	3,14	1,15	1,17
Kuinka paljon sinua kiinnostavat alle 30 min. työt?	3,36	1,14	3,29	3,43	0,98	0,95

Taulukosta 4 selviää, että vähän kokeellisuutta tehneet ovat erittäin paljon kiinnostuneempia kokeellisuudesta riippumatta paikasta. Oppilaat ovat taulukossa 4 ja 5 jaettu taustan mukaan kahteen luokkaan: liian vähän kokeellisia töitä ja sopivasti kokeellisia töitä tehneet.

Taulukko 4. Kokeellisuuden määrän sopivuuden vaikutus eri paikoissa tehtävien töiden kiinnostavuuteen.

Kysymys	Keskiarvo	Keski-hajonta	Keskiarvo (liian vähän kokeellisia töitä)	Keskiarvo (sopivasti kokeellisia töitä)	Keski-hajonta (liian vähän kokeellisia töitä)	Keski-hajonta (sopivasti kokeellisia töitä)	P-arvo
Kuinka paljon sinua kiinnostaa laboratoriossa tehtävät työt?	3,76	1,06	4,27	3,56	0,83	1,07	0,000 02
Kuinka paljon sinua kiinnostaa tavallisessa luokassa tehtävät työt?	3,25	1,00	3,59	3,12	1,02	0,97	0,002
Kuinka paljon sinua kiinnostaa vierailukäynneillä tehtävät työt?	3,18	1,21	3,61	3,02	1,22	1,17	0,002

2. Kemian aiheisiin liittyvä kokeellisuus

Taulukosta 5 selviää, että liian vähän kokeellisuutta tehneet ovat selvästi kiinnostuneempia erilaisista kemian aiheista. Työselostusten tekeminen on oppilaista erittäin vähän kiinnostavaa.

Taulukko 5. Kokeellisuuden määrän sopivuuden vaikutus eri aiheisten töiden kiinnostavuuteen.

Kysymys	Keski-arvo	Keski-hajonta	Keskiarvo (liian vähän kokeellisia töitä)	Keskiarvo (sopivasti kokeellisia töitä)	Keski-hajonta (liian vähän kokeellisia töitä)	Keski-hajonta (sopivasti kokeellisia töitä)	p-arvo
Kuinka paljon tutkittava aihe vaikuttaa kiinnostukseesi?	3,77	0,86	3,71	3,79	0,90	0,87	0,28
Kuinka paljon työselostusten tekeminen sinua kiinnostaa?	2,33	1,13	2,39	2,31	1,17	1,12	0,32
Kuinka paljon kokeellisten töiden kemian aiheet sinua kiinnostavat?	3,30	1,00	3,61	3,20	0,98	0,97	0,01
Kuinka paljon ihmiseen liittyvät kokeellisten töiden aiheet sinua kiinnostavat?	3,66	1,13	3,96	3,55	1,13	1,10	0,01

Tutkittavan aiheen vaikutus kokeellisuuden kiinnostavuuteen antoi selvästi eroavia tuloksia, mikä nähdään taulukosta 6. Tutkittava aihe vaikutti kiinnostavuuteen enemmän painotetussa koulussa. Nykyiset töiden aiheet sekä työselostukset kiinnostivat merkittävästi enemmän painotetussa koulussa opiskelevia, vaikka työselostukset eivät yleensä paljoa kiinnostaneet. Ihmiseen liittyvät aiheet kiinnostivat molempia tasapuolisesti.

Taulukko 6. Tutkittavan aiheen vaikutus kiinnostavuuteen.

Kysymys	Keski-arvo	Keski-hajonta	Keskiarvo (painotettu koulu)	Keskiarvo (tavallinen koulu)	Keski-hajonta (painotettu koulu)	Keski-hajonta (tavallinen koulu)	p-arvo
Kuinka paljon tutkittava aihe vaikuttaa kiinnostukseesi?	3,77	0,86	3,85	3,69	0,88	0,84	0,11
Kuinka paljon työselostusten tekeminen sinua kiinnostaa?	2,33	1,13	2,48	2,16	1,18	1,05	0,03
Kuinka paljon kokeellisten töiden kemian aiheet sinua kiinnostavat?	3,30	1,00	3,52	3,06	0,94	1,02	0,001
Kuinka paljon ihmiseen liittyvät kokeellisten töiden aiheet sinua kiinnostavat?	3,66	1,13	3,67	3,65	1,19	1,06	0,46

Taulukosta 7 nähdään, että kokeellisuuden aiheet kiinnostavat hyvin eri tavalla oppilaita, jotka ovat tehneet enemmän kokeellisuutta, kuin niitä, jotka ovat tehneet vähemmän. Tutkittava aine vaikuttaa kiinnostukseen merkitsevästi enemmän niitä, jotka ovat tehneet paljon kokeellisuutta. Nykyisten töiden aiheet taas kiinnostavat selvästi enemmän vähän kokeellisuutta tehneitä, kuten myös työselostukset. Ihmiseen liittyvät aiheet kiinnostavat myös selvästi enemmän vähän kokeellisuutta tehneitä.

Taulukko 7. Tutkittavan aiheen vaikutus kiinnostavuuteen.

Kysymys	Keski- arvo	Keski- hajonta	Keskiarvo (0-2 kokeellista työtä)	Keskiarvo (3-6 kokeellista työtä)	Keski- hajonta (0-2 kokeellista työtä)	Keski- hajonta (3-6 kokeellista työtä)	p-arvo
Kuinka paljon tutkittava aihe vaikuttaa kiinnostukseesi?	3,77	0,86	3,53	3,94	0,86	0,82	0,002
Kuinka paljon työselostusten tekeminen sinua kiinnostaa?	2,33	1,13	2,53	2,30	1,12	1,16	0,12
Kuinka paljon kokeellisten töiden kemian aiheet sinua kiinnostavat?	3,30	1,00	3,53	3,26	0,89	1,04	0,05
Kuinka paljon ihmiseen liittyvät kokeellisten töiden aiheet sinua kiinnostavat?	3,66	1,13	3,85	3,57	1,06	1,13	0,07

4. Johtopäätökset ja pohdinta

Uusimman Kemian opetus tänään -tutkimuksen mukaan (Aksela & Karjalainen 2008) mukaan tietokonemittauslaitteistojen käyttö on vähäistä. Kuitenkaan ne eivät tämän tutkimuksen mukaan herätä kovin suurta kiinnostusta. Pojat ovat niistä jonkin verran kiinnostuneita, mutta tytöt eivät juuri ollenkaan. Yksi selitys voisi olla nykyisten tieto- ja viestintätekniikan taidot.

Tutkimuslomakkeen täytti 176 henkilöä, joten otosta voidaan pitää edustavana. (Cohen & Manion 1980). Vastaajien sukupuoli sekä koulun tyyppi jakautuivat hyvin, kun taas suuri enemmistö aikoi lukea lisää kemian kursseja, joten pakolliseen kurssiin lopettavien osuus jäi pieneksi. Kokeellisuutta oli ollut pakollisella kurssilla niin suurella osalla, että tätä ei voi käyttää muuttujana. Vain kahden oppilaan mielestä kokeellisuutta oli ollut liikaa, ja selvän enemmistön mielestä sitä oli ollut sopivasti. Verkkolomakkeella tehtävän tutkimuksen heikkous on siinä, että tuloksia tarkasteltaessa ei voi olla varma siitä, etteivät oppilaat keskustelisi kysymyksistä, ja vastaisi yhdenmukaisesti luokassa. Kuitenkin otoksen koko, ja useissa kohdissa hyvä jakauma antavat perusteita pitää tutkimusta

suuntaa-antavana. Muutamassa kysymyksessä oli tyyppiärvona "tiedän jo", joten näistä kysymyksistä saatuihin tuloksiin pitää suhtautua varauksella. Niitä ei ole poistettu tuloksista.

Tutkimus herättää myös mielenkiintoisia jatkotutkimuskohteita. Olisi mielenkiintoista verrata näitä tuloksia lukio-opiskelussa pitemmällä oleviin oppilaisiin. Myös vertailu samassa vaiheessa olevien ammatillisen koulutuksen oppilaiden kanssa olisi mielenkiintoista. Monissa ammatillisen koulutuksen opinnoissa kemiaa tarvitaan, ja varmasti sielläkin kiinnostus vaikuttaa oppimiseen. Siellä ei juuri tutkimusta asiasta ole tehty.

Toinen kiinnostava lisätutkimuskohde olisi muut taustamuuttajat kiinnostuksessa. Esimerkiksi suomen-, ja ruotsinkielisten oppilaiden, sekä maahanmuuttajataustaisten oppilaiden kiinnostuksen vertailu eri kouluasteilla olisi kiinnostavaa. Sellaisesta tutkimuksesta voisi löytyä jotain pohjaa oppimiserojen ja oppimisvaikeuksien ymmärtämiseen, ja niiden ratkaisemiseen. Joka tapauksessa lisätutkimuksia aiheesta tarvitaan.

Oppitunneilla kannattaisi hyödyntää tutkimustietoa oppilaiden kiinnostuksen kohteista, ja käyttää esimerkkeinä ihmiseen liittyviä aiheita. Myös kokeellisia töitä voisi miettiä kiinnostuksen mukaan. Huippukiinnostava työ tämän tutkimuksen mukaan olisi oikeilla välineillä laboratoriossa ihmiseen liittyvästä projektityö parityönä toteutettuna.

Lähteet

Arinen, P., & Karjalainen, T. (2007). PISA 2006 ensituloksia. Opetusministeriön julkaisuja 2007:38. Helsinki, Yliopistopaino.

Cohen, L., & Manion, L. (1980). *Research methods in education*. Lontoo, Croon Helm.

de Jong O., Schmidt H. J., Burger N., & Eybe, H. (1999). Empirical Research into Chemical Education: The motivation, research, domains, methods, and infrastructure of a maturing scientific discipline. *University Chemistry Education*, 3 (1), 28-30.

Ekwensi, F., Moranski, J., & Townsend-Sweet, M. (2006). *E-Learning Concepts and Techniques*. Bloomsburg University of Pennsylvania's Department of Instructional Technology.

Epstein, I. R. (2007). Diversity in chemistry: catalyzing change. *Nature Chemical Biology* 3 (3), 299.

Grant, P. D., & Decker, J. D. (2008). Teaching Interest Groups: Does Self-Interest Affect Learning Outcomes. Paper presented at the annual meeting of the MPSA Annual National Conference, Palmer House Hotel Hilton, Chicago.

Haanel, C. F. (2007). *The Master Key System*. Lontoo, Cosimo Inc.

Jääskeläinen, P. (2008). Tietokoneavusteinen molekyylihallinnus -oppimisympäristö yhdeksäsluokkalaisten oppilaiden kemian kiinnostuksen tukena. Pro gradu -tutkielma, Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto.

Lavonen, J., Juuti, K., Uitto, A., Meisalo, V., & Byman, R. (2005). Attractiveness of Science Education in the Finnish Comprehensive School. Kirjassa A. Manninen, K. Miettinen, & K. Kiviniemi (Toim.) Research Findings on Young People's Perceptions of Technology and Science Education, Mirror results and good practice (s. 5-30). Helsinki, Technology Industries of Finland.

LOPS. (2003). *Lukion opetussuunnitelman perusteet 2003*. Opetushallitus, Vammalan kirjapaino, Vammala.

Wilcox-Herzog, A., & Ward, S. L. (2004). *Measuring Teachers' Perceived Interactions with Children: A Tool for Assessing Beliefs and Intentions*. San Bernardino, California University Press.

Kokeellisuutta ja teoriaa samanaikaisesti

Elina Näsäkkälä
Helsingin Suomalainen yhteiskoulu

Tutkimuksessa esitellään toimiva esimerkki teorian ja kokeellisuuden yhteensovittamisesta luokkaopetuksessa suuressakin opetusryhmässä.

1. Taustaa

Hyvinä aktivoimiskeinoina kemian opiskeluun nähdään yleisesti kiinnostavien ja käytännön läheisten oppilastöiden teettäminen. Samassa yhteydessä esitetään myös huoli lukiodien mahdollisuuksista teettää oppilastöitä välinepuutteista johtuen¹. Näin ei kuitenkaan tarvitse olla, kun on käytettävissä riittävästi ohjeistusta opetustilanteeseen. Opetukseen valmistautuminen edellyttää aina suunnittelua ja suunnittelua helpottavat toimivat tuntisuunnitelmat. Oppikirjojen töiden sisäistäminen ja niveltäminen opetustilanteeseen on vaativaa, mutta palkitsevaa.

Opiskelijoiden omien selitysten, hypoteesien ja arvausten esittäminen on todettu olevan erityisen tärkeää luonnontieteen opetuksessa, jossa opiskelijan on saavutettava uusi käsitteellinen ymmärrys. Tällaista voidaan kutsua myös ”läpityöskentelyn” tuottamaksi ymmärtämiseksi.²

Tieto, jonka opiskelija näin omaksuu, on helpompi liittää mielekkäästi oppilaan muuhun tietoon.³

Esimerkiksi reaktionopeus on käsitteenä vaativa. Kevään 2007 Yo-07/10 a) *Mitä tarkoitetaan kemiallisen reaktion nopeudella, ja mitkä tekijät vaikuttavat reaktionopeuteen?* b) *Esitä jokin tapa, jolla voit kokeellisesti määrittää sinkkimetallin ja suolahapon välisen reaktion nopeuden* tuotti tuloksen, jossa pistekeskiarvo oli varsin heikko (ka.1,98).⁴

2. Tutkimusmenetelmä

Opetuksen kehittämistyön mallina toimii toimintatutkimus (action research)⁵. Tässä tutkimuksessa on tapaustutkimuksena pyritty toimintatutkimuksen keinoin pyrittä saamaan kokemusta tutkimuksellisesta kokeellisesta oppimisesta⁶.

Tutkimus on toteutettu useammalla lukion kemian syventävällä Ke3 Reaktiot ja energia-kurssilla. Tarkoituksena on ollut erityisesti saada kokemusta tutkimuksellisesta kokeellisesta oppimisesta ja sen toimivuudesta suuressa opetusryhmässä.

Tutkimuskysymykset:

1. Miten tutkimuksellinen oppiminen näkyy kurssin päättökokeen tuloksissa?
2. Herättääkö tutkimuksellinen oppiminen oppilaiden mielenkiintoa sillä tavalla, että se kannustaa kemian opiskelun jatkamista kemian jatkokursseilla?

3. Toteutus

Reaktionopeus valikoitui tutkimuksen aihealueeksi kurssin yhtenä avainasiana. Sensijaan, että luokassa olisi opettajajohtoisesti käyty läpi reaktionopeuskäsitettä yleisesti, tässä toteutuksessa opetus toteutettiin seuraavasti.

1. Opiskelijat saivat itsenäisesti tarkasteltavaksi reaktionopeuden määritelmän:

Kemiallisen reaktion nopeudella tarkoitetaan reaktioon osallistuvan aineen konsentraation muutosta aikayksikössä.

Kaavana:

$$v = \Delta c / \Delta t \quad (\text{tai}$$

$$\Delta m / \Delta t)$$

$$\text{Yksikkö mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\text{tai g} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1} \quad \text{tai g} \cdot \text{s}^{-1}$$

Huomaa!

- alkunopeus
- hetkellinen nopeus
- keskinopeus

Taulukko 1. Reaktion eteneminen.

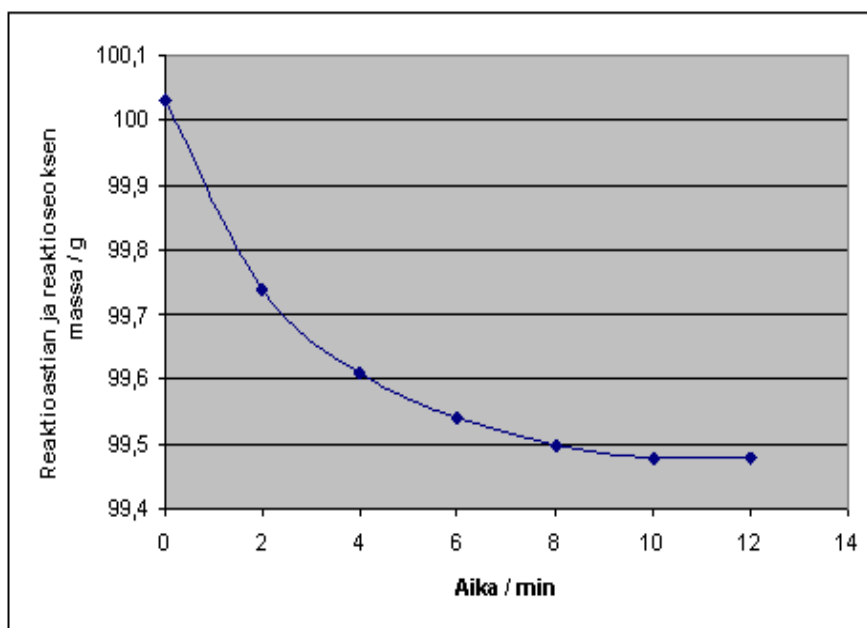
Aika/min	Massa/g
0	100,03
2	99,74
4	99,61
6	99,54
8	99,50
10	99,48
12	99,48

2. Määritelmän sisäistämiseksi opettaja demonstroi kalsiumkarbonaatin hajoamista happoliuoksessa, jossa saatiin seuraavat tulokset (taulukko 1), kun reaktion etenemistä seurattiin reaktioseoksen massan muutoksena kahden minuutin välein mitattuna.

3. Kun tulokset esitetään graafisesti, nähdään: Massa pienenee aluksi jyrkästi, koska reaktio tapahtuu alussa nopeasti. Ajan kuluessa massan muuttuminen hidastuu, koska suolahappoliuoksen pitoisuus pienenee ja reaktioon johtavat törmäykset harvenevat (kuva 1).

- määritetään alkunopeus
- määritetään keskinopeus
- määritetään hetkellinen nopeus

Keskustellaan siitä, miten kyseisen reaktion nopeutta voidaan muuttaa ja mitkä ovat reaktion nopeuteen vaikuttavat tekijät.



Kuva 1. Reaktioseoksen massan muutos ajassa.

Reaktionopeuteen vaikuttavat tekijät ovat

- konsentraatio
- lämpötila
- kiinteän aineen ”hiukkaskoko”
- katalyytti

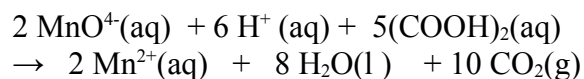
Päädytään törmäysteoriaan:

Reaktion edellytys on, että lähtöaineet pääsevät kosketuksiin toistensa kanssa. Kun lämpötila on riittävän matala, vain pienellä määrällä molekyyliä on niin suuri energia, että niiden törmäykset johtavat reaktioon.

Reaktion kannalta on tärkeää myös se, että molekyylit kohtaavat riittävän suurella energialla ja että molekyylit kohtaavat oikeassa suunnassa.

4. Syvennetään oppimista oppilastyöllä⁷: Kolorimetrisen reaktionopeuden määrittäminen

Tutkitaan reaktionopeutta mittaamalla, kuinka kauan reaktioseoksen alkuperäinen väri on havaittavissa.



Ohjeet:

1. Mittaa keittopulloon 10,0 ml oksaalihappoliuosta ($0,100 \text{ mol/dm}^3$) ja 10,0 ml rikkihappoliuosta ($1,2 \text{ mol/dm}^3$) ja sekoita.
2. Lisää seokseen 0,40 ml permanganaattiliuosta ($c(\text{MnO}_4^-) = 0,0125 \text{ mol/dm}^3$), sekoita ja käynnistä ajanotto.
3. Kirjaa värin katoamiseen kulunut aika.
4. Toista koe vaihtelemalla oksaalihapon alkukonsentraatiota työohjeen taulukon mukaisesti.
5. Jos ehdit, tutki vielä mangaanikloridin vaikutusta reaktionopeuteen.

Mikä on mitattu reaktionopeus?

Oksaalihappo/ alkukonsentraatio mol/dm^3	Aika	Reaktionopeus
0,100		
0,050		

Oksaalihappo/ alkukonsentraatio mol/dm^3	Aika	Reaktionopeus (=reaktion keskinopeus vk)
0,100	3 min 22 s 3 min 51 s	
0,050	3 min 39 s 3 min 26 s	

Reaktion keskinopeus

$$v = \Delta c(\text{MnO}_4^-) / \Delta t = (5 \mu\text{mol} / 0,0204 \text{ dm}^3) / 220 \text{ s} \approx 1 \mu\text{mol} \cdot \text{l}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$(0,0125 \text{ mol/dm}^3 \cdot 0,4 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 = 0,000005 \text{ mol} = 5 \mu\text{mol})$$

entä reaktionopeuden riippuvuus oksaalihapon konsentraatiosta?

Mitattu reaktionopeus ei ole riippuvainen oksaalihapon konsentraatiosta. Miksi?

Reaktioon käytetty runsas oksaalihapon ylimäärä sai aikaan sen, että reaktio tapahtuu yhtä nopeasti kummassakin tutkitussa oksaalihapon konsentraatiossa.

Miten mangaanikloridiliuos vaikuttaa reaktionopeuteen?

Oksaalihappo/ alkukonsentraatio mol/dm ³	Aika
0,10	2 min 10 s vrt 3 min 40 s

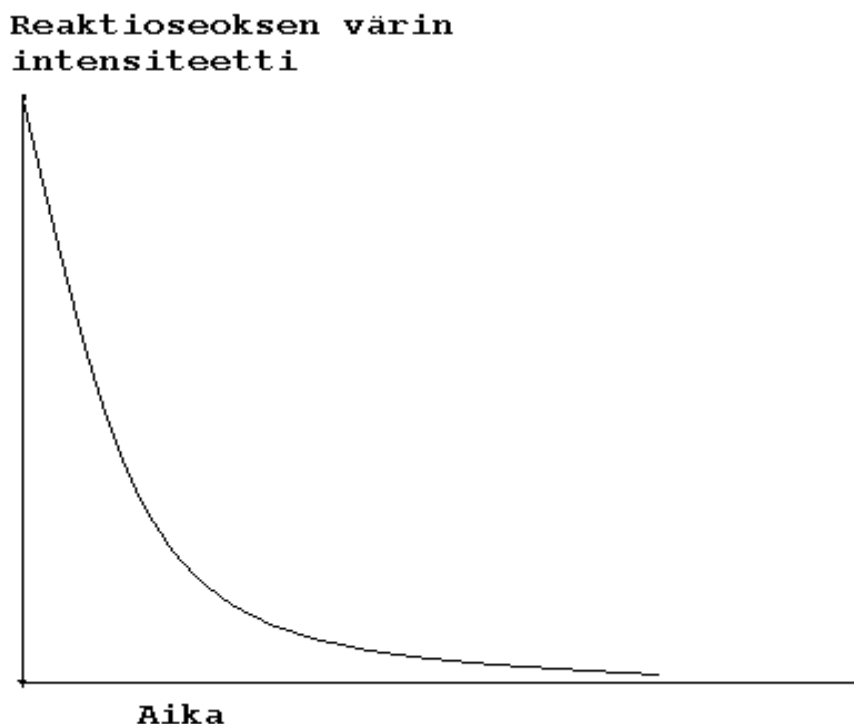
Miten kaliumpermanganaattiliuoksen tilavuuden kaksinkertaistaminen vaikuttaa reaktionopeuteen?

c(oksaa- li-happo)alku	V(KMnO ₄)	Aika
0,10 mol/dm ³	0,4 ml	3 min 40 s
0,10 mol/dm ³	0,2 ml	3 min 46 s

$$V_{\text{kesk.nopeus1}} = \Delta c(\text{MnO}_4^-) / \Delta t = (5 \mu\text{mol} / 0,0204 \text{ dm}^3) / 220 \text{ s} \approx 1 \mu\text{mol} \cdot \text{l}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$V_{\text{kesk.nopeus2}} = \Delta c(\text{MnO}_4^-) / \Delta t = (2,5 \mu\text{mol} / 0,0202 \text{ dm}^3) / 220 \text{ s} \approx 0,6 \mu\text{mol} \cdot \text{l}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

eli permanganaatin suhteen mitattu reaktion keskinopeus on konsentraatiosta riippuvainen. Värin intensiteetti pienenee aluksi jyrkästi, koska reaktio tapahtuu alussa nopeasti. Ajan kuluessa muuttuminen hidastuu, koska permanganaatti-liuoksen pitoisuus pienenee ja reaktioon johtavat törmäykset harvenevat (kuva 2).



Kuva 2. Reaktioseoksen värin intensiteetin muutos.

4. Tulokset

Tässä vaiheessa tulosten kerääminen on alkuvaiheessa. Tulkittavissa on vasta lisääntynyt mielenkiinnon herääminen. Tutkimuksellisen opetus on lisännyt kemian opiskelijoiden lukumäärää. Tunnelma tunnilla on ollut entistä opiskelumyönteisempi. Heikompien opiskelijoiden edistyminen ja lisääntynyt itseluottamus on ollut havaittavissa, mikä on edelleen kannustanut aktiivisempaan suoritukseen.

Teknisesti opetustuokio vaatii kaksoistunnin eli ajallisesti puolitoista tuntia, mikä edellyttää opettajan tunnin valmistelua etukäteen: liuosten valmistamiset ja välineiden varaamiset oppilasryhmän mukaan. Esimerkiksi kolmenkymmenen oppilaan ryhmässä, jos tavoitteena on saada työ suoritettua parityönä, tarvitaan mm. kolme byrettiä liuosten annostelemiseen, 100ml:n keitinlaseja vähintään kolme kertaa viisitoista ja ajastimet jokaista ryhmää kohti eli yhteensä viisitoista.

Lähteet

1. Ojala, P. (2009). Onko uusi ops mullistanut kemian opetuksen. *Dimensio*, 2, 23-26.
2. Hakkarainen, Lonka, K., & Lipponen, L. (1999). *Tutkiva oppiminen*. Helsinki, WSOY, 226-227.
3. Ausubel, D. (1968). *Educational Psychology: A cognitive view*. New York, Holt, Rinehart & Winston.
4. Montonen, M. (2007). Kemian ylioppilaskirjoitus keväällä 2007. *Dimensio*, 6, 45-50.
5. Ahtee, M., & Pehkonen, E., (Toim.) (1998). *Research Methods in Mathematics and Science Education: Summer Seminar of the Graduate School for Mathematics, Physics, and Chemistry Teachers*. Helsinki 23.-26.6. Soveltavan kasvatustieteen laitos, Helsingin yliopisto.
6. Simpson, M, & Tuson, J. (1997). *Using Observation in Small-scale Research: A Beginner's Guide*. Edinburgh, SCRE.
7. Hannola-Teitto, M., Jokela, R., Leskelä, M., Näsäkkälä, E., Pohjakallio, M., & Rassi, M. (2007). *Neon 3 – Reaktiot ja energia*. Helsinki, Edita.

Finding the lowest energy conformations for oxalic acid and citric acid using computational chemistry

Elina Näsäkkälä
Helsingin Suomalainen yhteiskoulu

This work primarily focuses on the structure of oxalic acid. It uses three different computational chemistry methods (molecular mechanics, semi empirical and ab initio) to find its lowest energy structure which often is the form that exists in nature. In the case of oxalic acid of interest is whether it exists in cis or trans form. It was found out that this is not indeed very important, and the deciding factor seems to be the hydrogen bonds that should be formed within the carboxylic acid groups. In general computational chemistry tools seem to be accurate and reliable since the computed values for the heat of formations of these compounds agree fairly well with the one obtained empirically.

However, at least molecular mechanics can sometimes lead to inaccuracies. Though it looks like that these problems could be overcome by just performing the calculations few times for a bit different initial structures.

The experiment could have been improved by simulating the acids in aqueous solution since that is the form that is the most interesting. However this was problematic using the software Hyperchem and thus was not done.

1. Introduction

Chemistry is a science of matter at the atomic and molecular level. It deals with the interactions of particles. Traditionally chemistry has been approached by doing experiments and then observing some macroscopic change one can make a conclusion what happens on the atomic level. Even though we have known in the principle how atoms behave we haven't been able to derive results from these principles due to the fact that it required just too many calculations.

Earlier it had been feasible to use the results of quantum mechanics to predict the shape of molecules and we have studied the properties of molecules using certain approximations as our tools of prediction (for example VSEPR- theory for predicting the shape of a molecule). The advent of computers, however, has enabled a new way to approach the problems of chemistry. We can now to some extent predict the properties of molecules by using the results of quantum mechanics. Though it is still necessary make approximations to model molecules, computational chemistry has become a powerful tool in research.

2. Theoretical background

Computational chemistry is a branch of chemistry that uses computer programs to calculate structures and properties of molecules. It is based on theoretical chemistry with mathematical description of chemistry which in its most general level uses the results of quantum mechanics. However the direct implementation of quantum mechanical equations into computer program doesn't work for molecules sized more than few atoms since the

computation time grows very quickly as more atoms are added. This is why the certain assumptions have to be made in order to decrease the computation times. For large molecules it is not feasible at all to base the calculations on quantum mechanics.

The methods used in computational chemistry are usually divided into three categories which are called *ab initio*, semi-empirical and molecular mechanics.

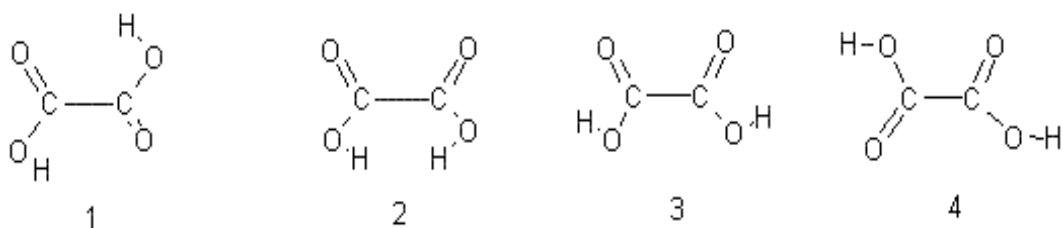
Ab initio calculations use only theoretical results with no inclusion of any empirical data. Usually *ab initio* calculations use some assumptions to shorten the computations. These assumptions are most of the time mathematical simplifications of functions or approximate solutions to differential equations. The *ab initio* sub-method in this research is Hartree- Fock calculation with a primary approximation called central field approximation which means that electron-electron repulsion is not taken into account. Because of this approximation the energies obtained by using this type of calculation are always lower than the exact value and tend toward a limit. The second approximation in Hartree- Fock calculations is that the wave function must be described by some function, which is only known exactly for a few one electron systems. The wave function is formed from linear combinations of atomic orbitals or more often from linear combinations of basis functions.

Semi empirical calculations are on base level similar to Hartree- Fock calculations but there is also a pool of experimental data on which the results are compared and then fitted. This is supposed to shorten the computational times greatly.

Molecular mechanics calculations don't use results from quantum mechanics at all. The energy expression is made up of simple equations such as the harmonic oscillator equation applied to describe energies associated with bonds in the molecule. Intermolecular forces, such as van der Waal's interactions and hydrogen bonding are usually taken into account. It also has basic parameter set derived from empirical data to which it tries to fit the result. This set of parameters is called the Force Field.

3. Research question

This research focuses on the structures of oxalic acid ($C_2H_2O_4$) and citric acid ($C_6H_8O_7$). It aims to find the globally lowest energy conformations for these molecules using the tools of computational chemistry. It also evaluates how practical it is to use computational methods to find the structure and properties of molecules. Of particular interest in this experiment is whether oxalic acid has a lower energy conformation in its *cis* than *trans* isomer form. This is illustrated by the picture below.



Picture 1. *cis* and *trans* conformations of oxalic acid

On the outermost left is the trans isomer and on the outermost right the trans isomer of oxalic acid, as well. The hypothesis is that the lowest conformations should be the trans forms since the negatively charged oxygen atoms in the carbonyl-group($C=O$) want to increase their distance from each other. This does not, however, imply that the oxalic acid should only exist in one of the forms. The bond between carbon atoms does not rotate through 180 degrees very easily. So, if a molecule with a higher energy is formed it is likely to stay in that form since there is a energy barrier that it can't overcome.

4. Experiment

The idea behind finding the optimal structure of these molecules is to minimize the energy of the molecule, since then the molecule is assumed to be in the most stable form. To find the lowest energy, gradient method is used. This means that the algorithm iterates all the time towards lower energy. The lowest energy is found when applying a small change to the geometry of the molecule only increases its energy. If this happens the molecule has found a local minimum which means that there might still be a better solution called global minimum. The optimizer method used in these calculations is called Polak-Ribiere. It is conjugate gradient method which means that it chooses a descent direction (to lower energy) by considering the current gradient (change in the energy of the molecule when a small change is applied to its geometry), its conjugate (initially the negative of the current gradient), and the gradient for the previous step. For each step a one dimensional search attempts to locate a local minimum. There are at least two evaluations (points) of the energy and gradient for each direction (cycle). To reduce cumulative errors in calculation, when the number of directions is three times the number of atoms, the procedure resets the conjugate direction to the negative gradient. The convergence limit used for the calculations is 0,1. If the difference in two consecutive iterations is less than the convergence limit the calculation is stopped.

In this experiment the start has been made by drawing the molecules in the software (Hyperchem 5.1). These drawings are just sketches and only thing that matters is that the atoms are correctly attached to each other and the bond strengths are correctly drawn (localization of electrons in the carboxylic acid group must be manually included). After this, a molecular mechanics calculation is performed on the molecules to find roughly the right geometries for the molecules. It is important to understand that the initial sketch does have an effect on the final geometry of the molecule since it acts as a starting point for the molecule. That's why it is good to use few different initial sketches to actually find the global minimum.

The case of oxalic acid for example requires different initial sketches for cis and trans isomers since it is unlikely that the C-C bond would rotate through 180 degrees spontaneously. Some variations in the orientation of hydrogen atoms attached to the oxygen atoms are also used.

For citric acid only variations in the hydrogen atoms is used in order to overcome the energy barriers that might exist.

After finding the rough geometry a semi-empirical calculation was performed on the molecules to further optimize them. This affects the bonding angles and bond lengths. In

general one can get all sorts of information by performing the calculations. Of particular interest this case is the sub method AM1 which calculates also the heat of formation for the molecule. This can then be compared to given experimental values.

In the end one initial calculation is performed to see if there's still room for decreasing the energy of the molecule and to see if it is feasible to use this computationally heavy method at all.

5. Results

You can get lots of results for different values concerning the properties of molecules (for example electric properties, nuclear-nuclear repulsion etc). Here is listed those properties that are relevant for this experiment

Pictures 1-4 show the structures for oxalic acid as initial sketches for the molecules. Forms 1 and 4 show the trans isomer of the molecule and 2 and 3 the cis isomer. Some variation is introduced by orienting hydrogens attached to oxygens in carboxylic acid group differently.

5.1 Molecular Mechanics

After running the molecular mechanics calculation the molecules took the forms that can be found roughly in the picture above from 1 to 4. As expected molecular mechanics calculations were very quick for both, oxalic acid and citric acid molecules.

Table 1 shows the relative energies and gradients of molecules four forms of oxalic acid and table 2 shows them for the three forms of citric acid.

Table 1. Oxalic acid

Molecule	Energy	Gradient
1	2.320754	0.098207
2	2.921199	0.096603
3	1.183110	0.061211
4	1.161696	0.083460

Table 2. Citric acid

Molecule	Energy	Gradient
1	4.867645	0.087845
2	3.900730	0.089127
3	104.727005	0.092288

5.2 Semi-empirical

The structures obtained from semi-empirical calculations are similar to those obtained from molecular mechanics with minor alterations in their bond lengths and bonding angles. Semi-empirical calculations gave the following results for the relative energies and gradients.

Table 3. Oxalic acid

Molecule	Energy	Gradient
1	- 853.991	0.036
2	-844.649	0.077
3	-856.919	0.090
4	-856.646	0.045

Table 4. Citric acid

Molecule	Energy	Gradient
1	-2186.99	0.099
2	-2180.49	0.095
3	-2180.74	0.084

Also the values for the heats of formation were calculated.

Table 5. Oxalic acid

Molecule	Heat of formation
1	-169.77
2	-160.42
3	-172.69
4	-172.42

Table 6. Citric acid

Molecule	Heat of formation
1	-327.92
2	-321.42
3	-321.67

Time taken for these calculations was approximately 5 seconds for the oxalic acid and 30 seconds for the citric acid. Citric acid used about 200 cycles and 500 points for each calculation to meet the criterion for the convergence limit. For oxalic acid the values were about 20 cycles and 50 points.

5.3 Ab initio

Again only very minor changes were applied to the bond lengths and bonding angles, so the pictures can be used obtained in molecular mechanics as a reference.

Below there are the values for the energy and gradient for the oxalic acid.

Table 7. Oxalic acid

Molecule	Energy	Gradient
1	- 232994	0.082
2	- 232980	0.090
3	- 232995	0.036
4	- 232995	0.057

For citric acid it was not possible to perform the calculation in a reasonable amount of time. It went through one iteration out of its expected 50 in two hours and the calculation was cancelled. For oxalic acid the time taken was about 3 minutes for the calculation.

6. Evaluation of results

Looking at the energies suggested by the molecular mechanics the most stable form for oxalic acid is form 4 but form 3 differs only by 0.02 and has a lower gradient. Lower gradient tells just that the value is closer to the local minimum of that conformation. But the lower energy value for number 4 implies that it is most likely the global minimum.

For citric acid the lowest energy value using molecular mechanics is achieved by number 2 (no pictures provided) which seems reasonable since it's hydrogen atoms in the carboxylic acid groups are oriented in a such way that two of them have formed hydrogen bonds with the oxygen atoms in the C=O bond. The third hydrogen atom which is in the carboxylic acid group has not formed a hydrogen bond but the hydrogen atom in the -OH group has formed a hydrogen bond with the remaining oxygen atoms in the C=O bond. So in total there are three hydrogen bonds formed which by relaxing the molecule should decrease it's energy. The value 104 for number 3 seems very large and explanation might lie that it just happened to find a local minimum that has a very high energy.

Observing the results from the semi-empirical calculations for the oxalic acid we can see number 3 and 4 have again very similar energies with a difference of only 0.273. This time it is number 3 that has found a slightly lower energy conformation. It is hard to say which actually the lower one is. One should reason that it should be number 4 since it is the trans isomer and the negatively charged oxygen atoms in C=O would want to maximize their distance from each other but this might be just wrong. Calculations are actually complex and it's hard to predict the results beforehand. However the calculations seem to imply that the hydrogen bonds are formed within the carboxylic acid group because this is the case in both form 3 and 4.

Handbooks give a value of -197.17 for the heat of formation of oxalic acid and all the values are actually above this though still relatively close of it. This might be explained by the fact that the heat of formation is the value calculated for oxalic acid in a aqueous solution condition in which it can relax even more thus reducing the heat of formation. Still the strongest candidates for the optimal structure number 3 and 4 have the values respectively -172.69 and -172.42.

Semi-empirical calculations for citric acid have now found a reasonable energy for form 3. This implies that molecular mechanics is not always a very reliable tool to calculate energies of molecules. Form 1 has now the lowest energy conformation. In this form the hydrogen bonds are formed only within the carboxylic acid groups which seem to lead to lowest energy conformation.

The comparison value for the heat of formation of citric acid was calculated from the literature values of the combustion for citric acid and from the heat of formation for water and carbon dioxide. It was found out to be -398.16 which is like in the case of oxalic acid below the values obtained from computations. This is also probably due to the fact the solution condition is quite different. Though, again the suspected global minimum, for 1, has the value closest to this.

The ab initio calculations for oxalic acid seem strengthen the idea that the hydrogen bonds are formed in the carboxylic acid group and not across the molecule because numbers 3

and 4 again have lowest energies. Ab initio is also supposed to be the most accurate method.

The failure to do the ab initio calculations with citric acid was really not a surprise and it undermines just the fact the calculations are very complex. The expected calculation time of 100 hours is a long time but again with better computers and better approximations a lot can be done.

7. Conclusions

According to these calculations it really does not matter a lot whether oxalic acid exists in its trans or cis isomer form. More important factor is whether or not hydrogen bonds are formed because they seem to have a relaxing effect on the molecule. This can be also seen in the citric acid molecule because the more reliable semi-empirical calculation gave the lowest energy value for the form 1 in which there is a hydrogen bond in each carboxylic acid group. The high value for the number 3 molecule implies that the molecular mechanics is not that accurate method. Also the angles between molecules are the close to the standards predicted by VSEPR-theory. For large molecules, however, molecular mechanics is pretty much the only way to do the calculations because of the rapidly growing calculation times.

Also these results do not tell very much about the properties of these acids in aqueous condition. These can be quite different which can be seen from the fact that the heat of formation was different for the oxalic acid according to calculations. It is possible though simulate in aqueous condition. Fact is, however, that computational chemistry projects at this level are quite limited in scope since they require so much calculation time.

References

<http://www.hyper.com>, 2006.

<http://www.oph.fi/etalukio/opiskelumodulit/kemia/kemia2/cistrans.html>, 2006.

<http://www.shodor.org/chemviz/overview/ccbasics.html>, 2006.

Hyperchem 5.1. (2006). Software Manual.

Lange, N. A. (1956). *Handbook of chemistry and physics*. McGraw-Hill Book Company.

Rogers, D. W. (1994). *Computational Chemistry Using the PC*, Second Edition. Wiley, John & Sons, Incorporated.

University of Alaska Fairbanks 2006,

<http://www.uaf.edu/chem/viewlets/chemlabhowto.html>.

Zumdahl, S. S., & Zumdahl, S. A. (2000) *Chemistry*. Houghton Mifflin Company.

Kemian opettajien käsityksiä molekyylimallinnuksen käytöstä opetuksessa (T)

Johannes Pernaa¹, Maija Aksela¹ & Jan Lundell²

¹ Kemian opettajakoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto

² Aineenopettajakoulutus, Kemian laitos, Jyväskylän yliopisto

Tässä tapaustutkimuksessa selvitettiin kemian aineenopettajien käsityksiä tietokoneavusteisen molekyylimallinnuksen roolista opetussuunnitelmien perusteiden tavoitteiden mukaisessa opetuksessa. Tutkimus toteutettiin *Mielekästä molekyylimallinnusta kouluopetukseen* -mentorikoulutushankkeen yhteydessä. Siihen osallistui 17 molekyylimallinnusta opetuksessa soveltavaa kemian aineenopettajaa perusopetuksesta ja lukiosta eri puolilta Suomea. Tutkimusta ohjasivat seuraavat kysymykset: 1) Mitä opetussuunnitelmien perusteiden mukaisia tavoitteita molekyylimallinnus tukee perusopetuksen ja lukion opetuksessa kemian aineenopettajien käsitysten mukaan? ja 2) Mitä opetussuunnitelmien perusteiden mukaisia sisältöjä molekyylimallinnus tukee perusopetuksen ja lukion opetuksessa kemian aineenopettajien käsitysten mukaan? Tutkimusaineistona käytettiin etätehtävän raportteja (N=16) sekä hankkeen yhden lähitapaamisen muistiinpanoja. Tutkimusaineisto analysoitiin teorialähtöisellä sisällönanalyysillä. Tutkimus osoitti, että kemian opettajien mielestä molekyylimallinnus tukee opetuksen tavoitteita ja sisältöjä lukuisissa kemian opetussuunnitelmien perusteiden kohdassa. Sen koettiin tukevan erityisesti orgaanisten yhdisteiden rakenteiden ymmärtämistä perusopetuksessa. Lukion opetuksessa sen koettiin tukevan erityisesti päätelmien tekoa ja kolmiulotteisten rakenteiden ymmärtämistä. Molekyylimallinnuksen koettiin antavan eniten lisäarvoa orbitaalien, kemiallisten sidosten ja biomolekyylien opettamiseen lukion kemian opetuksessa.

1. Johdanto

Mallit ja mallintaminen ovat olennaisia kemian työkaluja. Kemistit käyttävät niitä kaikissa mahdollisissa työvaiheissa linkkinä teoreettisen ja kokeellisen kemian välillä. Mallien avulla mm. ennustetaan, selitetään, esitetään tai kuvaillaan hypoteeseja, ilmiöitä, prosesseja ja tuloksia. Mallintamalla visualisoidaan niin makroskooppista, submikroskooppista kuin symbolistakin kemian tiedon tasoa (Johnstone, 1993; Gabel, 1999). Mallien tärkeä rooli huomioidaan myös kemian opetuksessa. Justin & Gilbertin (2002) mukaan kemian opettajien täytyy esitellä opiskelijoilleen ainakin mallikäsitteen luonne, erilaisten mallien mahdollisuudet ja rajoitteet sekä tarjota opiskelijoille mahdollisuus kehittää ja testata omia mallejaan. Mallinnusta tehdään mm. ajattelemalla, piirtämällä, eleillä ja tietokoneiden avulla. (Justi & Gilbert, 2002)

Mallinnuksen tärkeä rooli kemiassa näkyy vahvasti kemian opetussuunnitelmien perusteiden tavoitteissa ja sisällöissä. Opetussuunnitelmat painottavat tieto- ja viestintätekniikan (TVT) hyödyntämistä kemian opetuksessa yhtenä mallinnustyökaluna (Opetushallitus, 2003, 152-155; Opetushallitus, 2004, 195-197). Haasteita tietokoneavusteisen molekyylimallinnuksen maanlaajuisessa käyttöönotossa kuitenkin riittää. Vuonna 2008 tehdyn ”Kemian opetus tänään: Nykytila ja haasteet Suomessa” -tutkimuksen mukaan vain 8 % tutkimukseen vastanneista opettajista hyödynsi tietotekniikkaa opetuksessaan ja 7 % mainitsi sen tärkeäksi kemian kurssien kehittämisalueeksi (Aksela & Karjalainen, 2008, 83-93).

2. Molekyylimallinnus suomalaisten kemian aineenopettajien näkökulmasta

Mallinnukseen liittyvää kirjallisuutta on runsaasti saatavilla, esimerkiksi kemian opetuksen alan julkaisuissa mallit ovat paljon keskusteltu aihe. *Pikahaku Journal of Chemical Education* lehdestä hakusanalla ”model” tuo 836 malleja käsittelevää artikkelia aina vuodesta 1929 alkaen. Kaikki näistä julkaisuista eivät suinkaan ole tutkimusjulkaisuja, vaan joukosta löytyy tutkimuskirjallisuuden lisäksi myös malleihin liittyviä kilpailuja, ilmoituksia, arvosteluja ja paljon ilmiökohtaisia opetusmallikuvauksia (JCE, 2009).

Täsmällisemmin, tietokoneavusteisen molekyylimallinnuksen tutkimus on alkanut maailmanlaajuisesti 1980-luvun loppupuolella (ERIC, 2009), kun taas Suomessa vastaavanlainen tutkimus, opettajille suunnatut julkaisut ja molekyylimallinnuskoulutus on alkanut 2000-luvun alkupuolella (esim. Aksela & Lahtela-Kakkonen, 2001; Lundell & Aksela, 2003; Aksela & Lundell, 2007; Aksela & Lundell, 2008). Yleisesti voidaan todeta, että tietokoneavusteinen molekyylimallinnus tuo uusia mahdollisuuksia kemian opetukseen jokaisella opetusasteella (Aksela & Lundell, 2007).

Tutkimusten (esim. Gabel, 1999) mukaan oppilaat kokevat kemian vaativaksi ja abstraktiksi oppiaineeksi, mikä on seurausta kemiallisen tiedon kompleksisesta luonteesta. Kemiassa samaa ilmiötä pystytään mallintamaan kolmella eri tasolla: makrotasolla, submikrotasolla ja symbolisella tasolla (Johnstone, 1993). Käytännössä se tarkoittaa esim. kokeellisen työn vaiheiden tai tulosten esittämistä piirto-ohjelman avulla symbolisesti tai kokeen taustalla olevien teorioiden selittämistä ja visualisoimista molekyylimallinnusohjelmien avulla. Tutkimusten mukaan TVT:n mahdollistamien monipuolisten mallinnusresurssien on todettu auttavan oppilaita hahmottamaan yhteyksiä näiden kolmen tason välillä (esim. Kozma & Russell, 2005; Russell & Kozma, 2005).

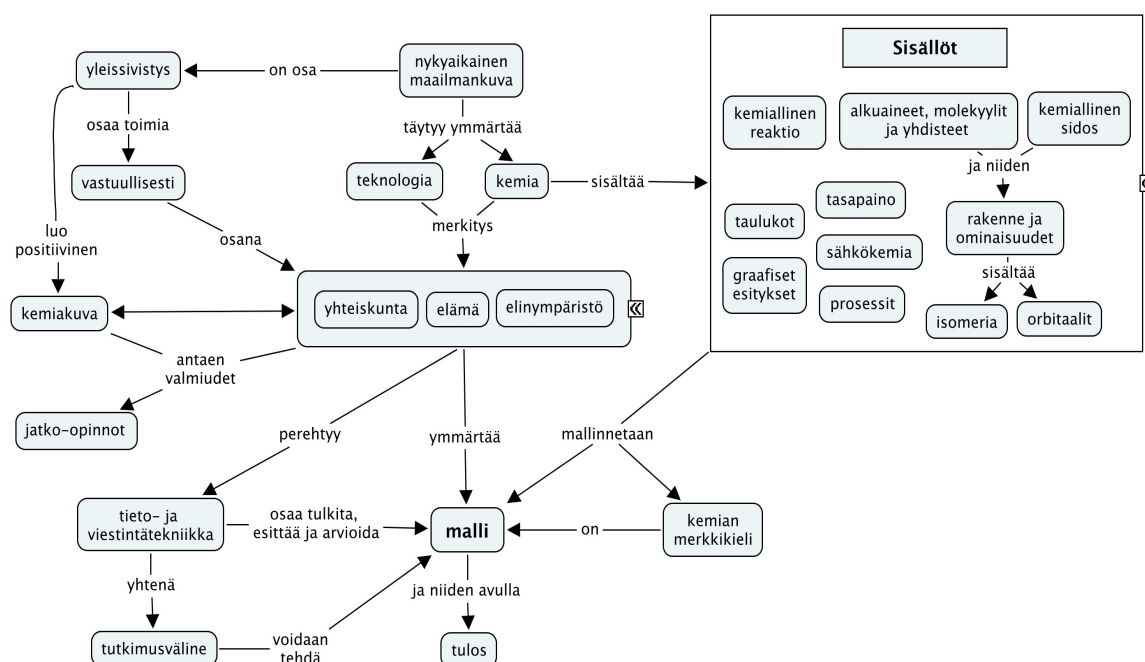
Molekyylimallinnuksen käyttö kemian opetuksessa on vähäistä sen mahdollisuuksiin verrattuna. Ongelmana eivät ole opettajien asenteet, vaan tiedot, taidot ja resurssiongelmat. Opettajat suhtautuvat mallinnukseen erittäin positiivisesti ja tiedostavat mallinnuksen mahdollisuudet. Haasteita ovat muun muassa mallinnusohjelmien hinta, tietokoneiden määrät ja heikot tietotekniset taidot, jolloin mallinnuksen liittäminen osaksi opetusta on haastavaa. Myös suomenkielisen opetusmateriaalin puuttuminen ja vähäinen koulutustarjonta vaikeuttavat mallinnuksen siirtymistä opetukseen. (Aksela & Lundell, 2007) Kouluopetukseen suunnattua molekyylimallinnuskoulutusta on mahdollisista saada nykyisin täydennyskoulutuksissa sekä kemian aineenopettajan syventävissä opinnoissa Helsingin ja Jyväskylän yliopistoissa.

Tutkimusten mukaan opettajat kaipaavat lisää (vertais)tukea mallinnusohjelmien käyttöön sekä suomenkielistä materiaalia, joka soveltuu peruskoulun opetukseen ja lukion kursseille. Suomenkieliselle molekyylimallinnusta käsittelevälle kirjalle, joka sisältäisi teoriaa ja harjoitustehtäviä esimerkiksi kemialliseen reaktioon, sidoksiin, orbitaaleihin ja isomeriaan liittyen, olisi tarvetta. (Aksela & Lundell, 2007; Aksela et al., 2008) Tällä hetkellä suomenkielistä, helposti opettajien saatavilla olevaa opetusmateriaalia löytyy vain vähän: Dimensiossa on julkaistu molekyylimallinnusta koulukontekstissa käsittelevä kahdeksanosainen artikkelisarja (Lundell & Aksela, 2003; Lundell & Aksela, 2004a; Lundell & Aksela, 2004b; Lundell & Aksela, 2004c; Lundell & Aksela, 2004d; Lundell & Aksela, 2004e; Lundell & Aksela, 2005; Konschin, 2005). Aiheesta on tehty muutamia

opinnäytetöitä Helsingin yliopistossa (esim. Jääskeläinen, 2008; Muurinen & Skarp, 2004; Saloma, 2005; Uusikartano, 2006; Vainio, 2006; Västinsalo, 2009) ja molekyylihallinnuksen tutkimuskirjallisuutta on referoitu suomeksi Kemian opetuksen päivien kokoomateoksessa 2007 (Jalonen et al., 2007).

3. Molekyylihallinnus opetussuunnitelmien perusteissa

Viimeisten perus- ja lukio-opetusten opetussuunnitelmauudistusten jälkeen mallinnus ja TVT:n hyödyntäminen ovat nousseet entistä keskeisimpään rooliin kemian opetuksessa. Vuosiluokilla 7-9 ja lukiassa painotetaan yhä enemmän nykyaikaisen maailmankuvan muodostumista osana yleissivistystä, sekä vastuun kantamista osana yhteiskuntaa ja elinympäristöä. Kemiaa ja siihen liittyvää teknologiaa opiskellaan kokeellisen kemian näkökulmasta, jolla luodaan positiivista kemiakuvaa ja varmistetaan oppilaiden valmiudet kemian jatko-opintoihin. Opiskelijat perehtyvät moderniin TVT:an yhtenä tutkimus- ja mallinnustyökaluna. Mallien avulla tulkitaan, esitetään ja arvioidaan tietoa, tuloksia ja niiden luotettavuutta. Mallinnusta tehdään TVT:n lisäksi visualisoimalla verbaalisesti, graafisesti ja kirjallisesti. Kemian sisällöistä opetussuunnitelmien perusteet nostavat erityisesti esille kemialliset reaktiot, kemiallisen sidoksen, isomerian, orbitaalit, alkuaineisiin, molekyyliin ja yhdisteisiin liittyvät rakenteet ja niiden ominaisuudet. Kuvassa yksi on mallinnettu opetussuunnitelmien perusteissa esiintyvien mallinnukseen liittyvien käsitteiden suhteita (ks. kuva 1). (Opetushallitus, 2003, 152-155; Opetushallitus, 2004, 195-197)



Kuva 1. Mallinnus nykyisten opetussuunnitelmien mukaan 7-9 luokilla ja lukiassa.
(Opetushallitus, 2003, 152-155; Opetushallitus, 2004, 195-197)

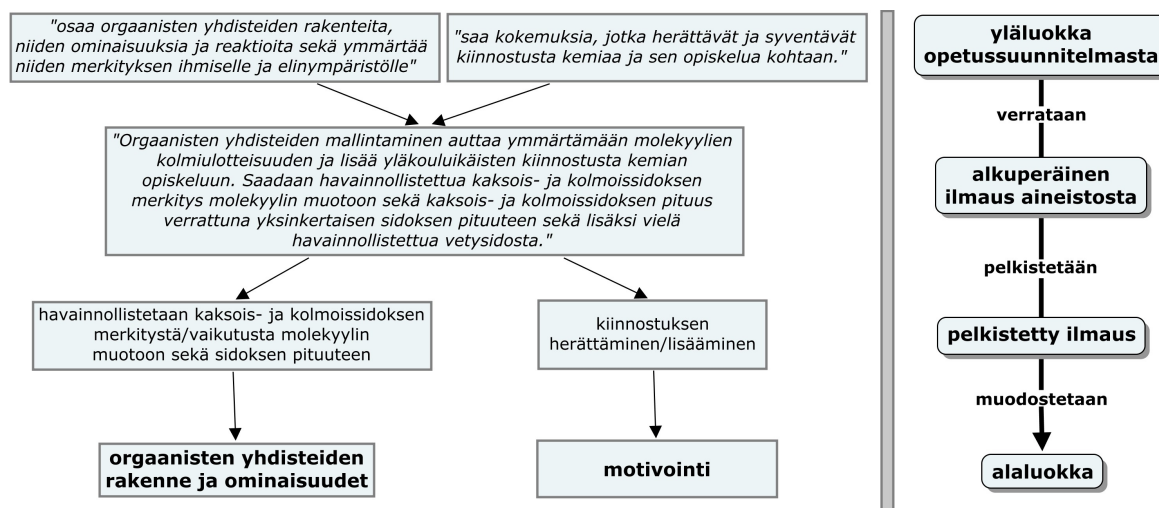
4. Suuntaa-antava tapaustutkimus ja teorialähtöinen sisällönanalyysi

Tutkimus suoritettiin suuntaa-antavana tapaustutkimuksena (Cohen et al., 253-263). Se toteutettiin *Mielekästä molekyylimallinnusta kouluopetukseen* (MMK) -hankkeen (Aksela et al., 2008) yhteydessä keväällä 2009. Otos rajattiin MMK -hankkeen kolmannen etätehtävän palauttaneisiin (N=16) ja neljännelle lähiopetuskerralle osallistuneisiin opettajiin (N=17). Suoritetun tapaustutkimuksen tavoitteena oli saada tietoa opettajien käsityksistä molekyylimallinnuksen roolista opetussuunnitelmien mukaisessa opetuksessa.

Tutkimusta ohjasivat tutkimuskysymykset:

1. Mitä opetussuunnitelmien perusteiden mukaisia tavoitteita molekyylimallinnus tukee perusopetuksen ja lukion opetuksessa kemian aineenopettajien käsitysten mukaan?
2. Mitä opetussuunnitelmien sisältöjä molekyylimallinnus tukee eri luokka-asteilla ja lukion kursseilla kemian aineenopettajien käsitysten mukaan?

Tutkimusaineistona käytettiin opettajien opetussuunnitelmia ja molekyylimallinnusta käsittelevän etätehtävän raportteja ja purkutilaisuuden muistiinpanoja. Kyseisessä etätehtävässä opettajat selvittivät, missä opetussuunnitelmien alueissa, sekä tavoitteiden että sisältöjen näkökulmasta, molekyylimallinnuksella voisi olla lisäarvoa kemian opetuksessa. Aineistosta raportit analysoitiin teorialähtöisellä sisällönanalyysillä (Tuomi & Sarajarvi, 2009, 113-117). Analyysin teoriapohjana käytettiin opetussuunnitelmien perusteita (Opetushallitus, 2003, 152-155; Opetushallitus, 2004, 195-197), joiden pohjalta muodostettiin sisällönanalyysin yläluokat. Analyysissä muodostettiin teoriapohjaisten yläluokkien mukaisesti molekyylimallinnukseen liittyviä tiivistettyjä alaluokkia pelkistämällä ne raporteista saaduista alkuperäisistä ilmaisuista. Päättelyketju teorialähtöisessä sisällönanalyysissä on deduktiivinen (ks. kuva 2). Tiivistämisen jälkeen alaluokat kvantifioitiin laskemalla frekvenssit (f).



Kuva 2. Teorialähtöisen sisällönanalyysin päättelyketju. (Tuomi & Sarajarvi, 2009, 116)

Sisällönanalyysin lisäksi tutkimuksessa tarkastellaan etätehtävän purkutilaisuudesta kirjoitettuja muistiinpanoja. Purkutilaisuudessa opettajat pohtivat etätehtävän tuotoksia ensin pienryhmissä nostaen tarkempaan tarkasteluun 2-3 ryhmän mielestä tärkeintä asiaa. Ryhmätyöskentelyn jälkeen esiin nostettuja asioita pohdittiin yhteisesti kaikkien ryhmien kanssa.

5. Tulokset

5.1 Molekyylimallinnus ja opetussuunnitelmien perusteiden tavoitteet

Suurin osa raporteista keskittyi käsittelemään molekyylimallinnuksen roolia lukio-opetuksen näkökulmasta. Raporteista 12 käsitteli peruskoulun 7.-9. luokkien tavoitteita ja sisältöjä joko suppeasti tai ei lainkaan. Peruskoulussa molekyylimallinnuksen koettiin monipuolistavan työmenetelmiä ja parantavan kemiakuvaa ($f=1$) sekä tukevan aineen rakenteen opettamiseen liittyviä tavoitteita ($f=2$) (ks. taulukko 1).

Sisällönanalyysin perusteella opettajat kokivat molekyylimallinnuksen roolin olevan lukiossa huomattavasti merkittävämpi kuin peruskoulussa. Sen koettiin kuuluvan olennaiseksi osaksi modernia oppimiskäsitystä ja oppimisympäristöä ($f=3$) sekä modernia lukiokemian opetusta ($f=5$) tieto- ja viestintätekniikan hyödyntämisen näkökulmasta ($f=9$). Molekyylimallinnuksen todettiin myös olevan opiskelijoita motivoiva työtapana ($f=3$).

Kurssikohtaisia tavoitteita tarkastellessa, eniten havaintoja löytyi kursseihin Ihmisen ja elinympäristön kemia (KE1) ja Kemian mikromaailma (KE2) liittyen. KE1 -kurssin suurin alaluokka oli orgaanisten yhdisteiden rakenteet ja ominaisuudet ($f=11$). KE2 -kurssin suurimpia alaluokkia taas olivat mallit, taulukot ja järjestelmät päätelmien tukena ($f=6$), rakenteiden määrittäminen ($f=5$) ja rakenteen ja ominaisuuksien väliset ominaisuudet ($f=3$). Kurssilta Reaktiot ja energia (KE3) havainnot käsitelivät pelkästään kemiallisen reaktion mallintamista ($f=3$).

Taulukko 1. Opetussuunnitelmien tavoitteita käsittelevät alaluokat, ($N_{\text{raportit}}=16$).

Luokka-aste / kurssi	Alaluokka	f
7-9	Mallit ja aineen rakenne	2
	Kemiakuva ja työmenetelmät	1
Lukion yleinen osa	Tieto- ja viestintätekniikka	9
	Kemian opetuksen luonne	5
	Oppimiskäsitys ja oppimisympäristö	3
	Motivointi	3
	Orgaanisten yhdisteiden rakenteet ja ominaisuudet	11
1	Seokset	1
	Tietojen esittäminen ja keskustelu	1
	Kokeellinen työskentely ja tiedonhankinta	1
	Mallit, taulukot ja järjestelmät päätelmien tukena	6
2	Rakenteiden määrittäminen	5
	Rakenteen ja ominaisuuksien väliset ominaisuudet	3
	Kokeellisuuden ja mallintamisen yhdistäminen tutkimuksessa	2
	Kemiallinen reaktio	3
4	Metallit ja sähkökemian	1
5	Tasapaino	2

5.2 Molekyylimallinnus ja opetussuunnitelmien perusteiden sisällöt

Opetussuunnitelmien sisältöjä tarkastellessa, kemian opettajien mielestä peruskoulun puolella molekyylimallinnus tukee parhaiten orgaanisten yhdisteiden rakenteiden ja ominaisuuksien opettamista ($f=4$). Lukion sisällöistä mallinnuksen koettiin antavan eniten lisäarvoa orbitaalien ($f=11$), kemiallisten sidosten ($f=10$), biomolekyylien ($f=6$) ja poolisuuden ($f=5$) opettamisessa (ks. taulukko 2).

Taulukko 2. Opetussuunnitelmien sisältöjä käsittelevät alaluokat, ($N_{\text{raportti}}=16$).

Luokka-aste / kurssi	Alaluokka	f
7-9	Orgaanisten yhdisteiden rakenteet ja ominaisuudet	4
	Veden kemia	2
	Alkuaineiden ja yhdisteiden ominaisuuksien ja rakenteiden selittäminen	1
1	Poolisuus	5
	Kemiallinen reaktio	1
2	Orbitaalit	11
	Kemialliset sidokset	10
	Isomeria	3
3	Kemiallinen reaktio	3
4	Biomolekyyli	6
	Metallit	2

Koulutuksessa etätehtävän purkutilaisuudessa opettajat toivat esiin peruskoulun 7-9-luokkien kohdalla molekyylimallinnuksen tärkeyden yhtenä tutkimusvälineenä, motivaation luoja, vaihtelun tarjoajana ja nykyaikaisen kemiakuvan välittäjänä. Hyväksi aloitusteemaksi todettiin vesi, joka on myös yksi kemian perusopetuksen aihekokonaisuuksista. Mallinnusta voisi hyödyntää esimerkiksi poolisuuden, sidoskulmien ja sidospituuksien opettamisessa. Veden jälkeen työskentely voidaan laajentaa orgaanisiin molekyyliin. Ajankohtaisiksi sovellusesimerkeiksi mainittiin lääkkeet ja polymeerit. 7-9-luokilla ei suositeltu mallinnuksen käyttöä kemiallisen reaktion tai kemiallisten ja fysikaalisten ominaisuuksien syvällisempään tutkimiseen.

Lukion kemian opetuksessa tietokoneavusteisen molekyylimallinnuksen koettiin antavan opiskelijoille kuvan nykyaikaisesta tavasta tehdä malleja ja ymmärtää niiden merkitys. Samalla sen todettiin toimivan tärkeänä kiinnostuksen herättäjänä. KE1 -kurssilla tärkeiksi asioiksi koettiin orgaanisten yhdisteiden mallinnus, poolisuus, sovellusten esittely ja mahdollisuus yhdistää kokeellisuutta mallinnukseen. KE2 -kurssi koettiin parhaaksi kurssiksi molekyylimallinnuksen hyödyntämiselle. Sen koettiin tukevan erityisesti vaikeina pidettyjen orbitaalien, hybridisaation ja isomerian opettamista. Myös spektrien hyödyntäminen nähtiin mielenkiintoisena lisänä.

KE3 -kurssilla opettajien mielestä molekyylimallinnus toisi lisää mahdollisuuksia kemiallisen reaktion opettamiseen, erityisesti kokeellisuuden ja mallintamisen yhdistämisellä. KE4 -kurssilla se auttaisi polymeerien ja makromolekyylien opetusta ja KE 5 kurssilla kemiallisen tasapainon ja protolyttien tutkimista.

Näiden lisäksi molekyylimallinnuksen koettiin sopivan kemian työkurssien sisälle sekä integroituvan hyvin biologiaan, fysiikkaan (Bohrin atomimalli, kvantittuminen), matematiikkaan terveystietoon ja liikuntaan.

6. Tutkimuksen luotettavuus

Suoritetun tapaustutkimuksen otos on pieni ja tutkittava tapaus on monella tapaa ainutlaatuinen. Otos ei edusta kemian aineenopettajien perusjoukkoa hyvin, joten tuloksia ei voida yleistää kansallisella tasolla. Ensinnäkin, vastaavanlaista tilannetta on mahdotonta toistaa yksilöiden erojen, ainutlaatuisen ryhmäytymisen ja elämäntilanteiden vuoksi. Toiseksi, tutkittavat ovat aktiivisesti molekyylimallinnuskoulutukseen hakeutuvia opettajia (Aksela et al., 2008) ja kuuluvat siten 2,5 % kemian opettajien ammattikunnasta, jotka ovat alansa pioneereja ja uudistajia (mm. Rogers, 1995). Tämä ei kuitenkaan ole tutkimuksen luotettavuutta tai merkittävyyttä alentava tekijä. Tutkimus on laadullinen suuntaa-antava tapaustutkimus, jonka tavoitteena oli selvittää opettajien käsityksiä molekyylimallinnuksen roolista opetussuunnitelmien mukaisessa opetuksessa. Molekyylimallinnusta jo kentällä aktiivisesti käyttävät opettajat näkevät molekyylimallinnuksen ja opetussuunnitelmien välisen yhteyden kokonaisvaltaisemmin, kuin molekyylimallinnuksen käyttöä vasta aloittelevat opettajat. Sen vuoksi he antavat tutkimuksen tavoitteiden kannalta parasta tietoa. Kyse on ns. eliittiotannasta (Tuomi & Sarajarvi, 2009, 86).

Tutkimustuloksia voidaan pitää luotettavina. Koonnin muistiinpanoista ilmenee, että samat tärkeinä pidetyt sisällölliset ja tavoitteelliset asiat nousivat esiin sekä tehtävän yksilövaiheessa (raportti) että ryhmätöväiheessä (koonti).

7. Johtopäätökset ja pohdinta

Suoritetun sisällönanalyysin mukaan opettajat pitävät molekyylimallinnuksen roolia lukiossa selvästi merkittävämpänä kuin peruskoulussa. Lukiossa sen katsottiin kuuluvan tavoitteiden näkökulmasta olennaiseksi osaksi modernia kemian opetusta, kun taas peruskoulussa sen nähtiin tuovan yhden lisävaihtoehdon työtapoihin ja parantavan omalta osaltaan kemian kuvaa oppiaineena. Huomattavaa tosin on, että analysoidut raportit ottivat pääosin kantaa lukio-opetukseen. Vastausten jakautuminen saattaa johtua siitä, että hankkeeseen kuuluvista opettajista vain viidennes opettaa pelkästään peruskoulussa (Aksela et al., 2008).

Opettajien käsitysten mukaan peruskoulussa mallinnus soveltuu sisällöistä parhaiten orgaanisten yhdisteiden mallintamiseen. Opettajat eivät suosittele molekyylimallinnusta kovin syvälliseen ominaisuuksien tai reaktioiden tutkimukseen peruskoulussa. Lukiossa taas sisältöjen näkökulmasta aiheita nousi esille useampia. Molekyylimallinnuksen katsottiin tuovan eniten apua orbitaalien, kemiallisten sidosten, biomolekyylien ja poolisuuden opettamiseen. Ryhmäkeskusteluissa nousivat esille myös kemiallisen reaktion ja tasapainon mallintaminen.

Tulokset ovat linjassa opetussuunnitelmien perusteiden kanssa. Opettajat näkevät tietokoneavusteisen molekyylimallinnuksen tukevan opetussuunnitelmien perusteiden

mukaisia tavoitteita ja sisältöjä lukuisissa kemian opetuksen osa-alueissa. (vrt. Opetushallitus, 2003, 152-155; Opetushallitus, 2004, 195-197). Tulokset ovat yhteneviä myös muiden saman alan tutkimusten kanssa (vrt. Aksela & Lundell, 2007; Aksela & Lundell, 2008; Aksela et al., 2008). Tutkimustulokset vahvistavat MMK -hankkeessa jo käsiteltyjen teemojen tärkeyden ja antavat lisätietoa tulevaisuudessa opetussuunnitelman perusteiden tavoitteiden ja sisältöjen suunnitteluun, opettajankoulutuksen kehittämiseen ja opetusmateriaalien tekemiseen.

Lähteet

Aksela, M., & Karjalainen, V. (2008). *Kemian opetus tänään: Nykytila ja haasteet Suomessa*. Kemian opetuksen keskus, Kemian laitos, Helsingin Yliopisto, Yliopistopaino.

Aksela, M., & Lahtela-Kakkonen, M. (2001). Molekyylitason teknologiaa opetuksessa, *Kemia-Kemi*, 28 (3), 200-203.

Aksela, M., & Lundell, J. (2007). Kemian opettajien kokemuksia tietokoneavusteisesta molekyylihallinnuksesta. Kirjassa M. Aksela, & M. Montonen (Toim.) Uusia lähestymistapoja kemian opetukseen perusopetuksesta korkeakouluihin (s. 226-247). Helsinki, Yliopistopaino.

Aksela, M., & Lundell, J. (2008). Computer-based molecular modelling: Finnish school teachers experiences and views. *Chemistry Education Research and Practice*, 9, 301-308.

Aksela, M., Lundell, J., & Pernaa, J. (2008). Molekyylihallinnuksen mentoreita kemian opetuksen ja oppimisen tueksi. Kirjassa J. Välisaari, & J. Lundell (Toim.) Kemian opetuksen päivät 2008: Uusia oppimisympäristöjä ja ongelmalähtöistä opetusta (s. 59-68). Jyväskylä, Jyväskylän yliopisto.

Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). *Research Methods in Education*. New York, Routledge.

ERIC: Education Resources Information Center. (2009). <http://www.eric.ed.gov/>, luettu 31.08.2009.

Gabel, D. (1999). Improving Teaching and Learning through Chemistry Education Research: A Look to the Future. *Journal of Chemical Education*, 76 (4), 548-553.

Jalonen, E., Lundell, J., & Aksela, M. (2007). Molekyylihallinnus lukion kemian opetuksessa. Kirjassa M. Aksela, & M. Montonen (Toim.) Uusia lähestymistapoja kemian opetukseen perusopetuksesta korkeakouluihin (s. 148-154). Helsinki, Yliopistopaino.

JCE: Journal of Chemical Education. (2009). <http://jchemed.chem.wisc.edu/>, luettu 31.08.2009.

Johnstone, A. H. (1993). The Development of Chemistry Teaching: A Changing Response to Changing Demand. *Journal of Chemical Education*, 70 (9), 701-705.

Justi, R., & Gilbert, J. (2002). Models and Modelling in Chemical Education. Kirjassa J. K. Gilbert, O. De Jong, R. Justi, D. Treagust, & J. van Driel (Toim.) Chemical Education: Towards Research Based Practice (s. 47-68). Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.

- Jääskeläinen, P. (2008). Kiinnostuksen tukeminen perusopetuksessa: molekyylimallinnus työtapana. Pro gradu -tutkielma. Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto. http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/tutkimus/opinnaytetyot/pg-jaaskelainen_piia.htm.
- Konschin, H. (2005). Molekyylimallinnus kemian opetuksessa osa 7: Kvantkemi i skolan, möjligt eller omöjligt? *Dimensio*, 69 (1), 50-54.
- Kozma, R., & Russell, J. (2005). Students becoming chemists: Developing representational competence. Kirjassa J. K. Gilbert (Toim.) *Visualization in Science Education* (s. 121-146). Dordrecht, Springer.
- Lundell, J., & Aksela, M. (2003). Molekyylimallinnus kemian opetuksessa osa 1: Molekyylimallinnus ja kemian opetus. *Dimensio*, 67 (5), 47-49.
- Lundell, J., & Aksela, M. (2004a). Molekyylimallinnus kemian opetuksessa osa 2: Molekyylimallinnus ja energia. *Dimensio*, 68 (1), 53-54.
- Lundell, J., & Aksela, M. (2004b). Molekyylimallinnus kemian opetuksessa osa 3: Molekyylien rakenne ja sen visualisointi. *Dimensio*, 68 (2), 40-42.
- Lundell, J., & Aksela, M. (2004c). Molekyylimallinnus kemian opetuksessa osa 4: Orbitaalien havainnollistaminen lukion kemian opetuksessa. *Dimensio*, 68 (3), 40-43.
- Lundell, J., & Aksela, M. (2004d). Molekyylimallinnus kemian opetuksessa osa 5: Kemiallisen sidoksen tietokoneavusteinen mallintaminen. *Dimensio*, 68 (4), 26-29.
- Lundell, J., & Aksela, M. (2004e). Molekyylimallinnus kemian opetuksessa osa 6: Tutkimuskohteena molekyylien värähdykset. *Dimensio*, 68 (5), 54-56.
- Lundell, J., & Aksela, M. (2005). Molekyylimallinnus kemian opetuksessa osa 8: Kemiallisen reaktion mallinnus. *Dimensio*, 69 (2), 33-36.
- Muurinen, M., & Skarp, N. (2004). Oivaltamisen iloa laskennallisesta kemiasta. Pro gradu -tutkielma. Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto. <http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/tutkimus/opinnaytetyot/pg-mmuurinen-nskarp.htm>.
- Opetushallitus. (2003). *Lukion opetussuunnitelman perusteet 2003*. Vammala, Vammalan Kirjapaino Oy.
- Opetushallitus. (2004). *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004*. Vammala, Vammalan Kirjapaino Oy.
- Rogers, E. M. (1995). *Diffusion of innovations*, 4th ed. New York, Free Press.
- Russell, J., & Kozma, R. (2005). Assessing learning from the use of multimedia chemical visualiztion software. Kirjassa J. K. Gilbert (Toim.) *Visualization in Science Education* (s. 299-332). Dordrecht, Springer.
- Saloma, A. (2005). Vetysidoksen opetus ja oppiminen. Pro gradu -tutkielma. Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto. <http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/tutkimus/opinnaytetyot/pg-asaloma.htm>.
- Tuomi, J., & Sarajärvi, A. (2009). *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi*. Jyväskylä, Tammi.

Uusikartano, H. (2006). Biomolekyylin visualisointi kemian opetuksessa. Pro gradu -tutkielma. Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto. <http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/tutkimus/opinnaytetyot/pg-uusikartano.htm>.

Vainio, J. (2005). Tietokoneavusteinen molekyylimallinnus energian opettamisen apuvälineenä. Pro gradu -tutkielma. Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto.

Västinsalo, J. (2009). Ilman kaasujen molekyylimallinnus 7-9 -luokkalaisten kiinnostuksen tukena. Pro gradu -tutkielma. Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto.

IV Korkeakoulut

Ammattikorkeakoulujen opetussuunnitelmat kemian opetuksessa (T)

Jukka Rautiainen & Maija Aksela

Kemian opetuksen keskus, Kemian laitos, Helsingin yliopisto

Tämän survey-tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kemian opetussuunnitelmien nykytilanne ammattikorkeakouluissa. Tutkimuksessa käytettiin kolmeosaista kyselylomaketta. Kysely koski opettajien taustatietoja, kemian opetusta ja erityisesti analyyttisen kemian opetusta ammattikorkeakoulussa. Kohderyhmänä olivat kaikki Suomen ammattikorkeakoulujen kemian opettajat. Kysely lähetettiin 88 kemian opettajalle 22 oppilaitokseen. Tutkimuslomakkeen palautti 26 opettajaa 14 eri oppilaitoksesta. Aineisto käsiteltiin sekä tilastomenetelmin että sisällönanalyysimenetelmällä. Tutkimus osoittaa, että kemiaa opetetaan tuntimääräisesti melko vähän ko. oppilaitoksissa. Opetus on laajaa keskittyen perus- ja yleiskemiaan. Kemian aihealueista orgaaninen, analyyttinen ja ympäristökemia ovat tärkeitä opetuksen alueita. Analyyttisen kemian opetuksessa on keskitytty työelämän tarpeisiin. Metallianalytiikan opetuksen osuus on pieni ja keskittynyt laboratorioalalle. Metallianalytiikan opetuksessa käytettävien määritysmenetelmien oppiminen kuuluu opetukseen.

1. Johdanto

Kemiaa opetetaan ammattikorkeakouluissa tekniikan ja liikenteen koulutuksessa sekä sosiaali- ja terveysalalla. Esimerkiksi bioanalyyttikkoja valmistuu sosiaali- ja terveysalalta. Monella alalla on alakohtaisia erikoiskursseja, kuten sähkötekniikan ja rakennusalan opinnoissa. Analyyttistä kemiaa opetetaan lähinnä laboratorioalalla. Laboratorioalaa voi opiskella Suomessa vain Turussa, Tampereella, Oulussa ja Helsingissä. Myös paperiteknologian koulutuksessa, jota opetetaan mm. Saimaan ammattikorkeakoulussa ja kemiantekniikan aloilla opetetaan analyyttistä kemiaa. Kemiantekniikkaa voi opiskella mm. pääkaupunkiseudulla ja Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoulussa. Laboratorioalojen analyyttisen kemian opetukseen kuuluu myös laboratorio-opetusta. (Opetusministeriö, 2009)

2. Opetussuunnitelmat

Kemian opetuksen opetussuunnitelmia ammattikorkeakouluissa ei ole tutkittu. Eri oppilaitoksien, myös ammattikorkeakoulujen, opetussuunnitelmia on kuitenkin tutkittu. Opetusalaa käsittelevässä kirjallisuudessa opetussuunnitelma on keskeinen asiakirja koulutuksen toteuttamisen suhteen. (Helakorpi & Olkinuora, 1997, 110 -111). Sillä suunnataan kasvatusta ja välitetään arvokkaina pidettyjä tavoitteita. Opetussuunnitelman perustana on jokin ideologia ja se ilmaisee poliittisia linjauksia sekä yhteiskunnan valtasuhteita. (Annala, 2007). Elliotin (1998) mukaan opetussuunnitelma valmistaa opiskelijoita elämään yhteiskunnassa erilaisia reittejä pitkin ja se on standardoitu ja perustuu ihmisen valmistamiseen työelämään talouspolitiikan tavoitteiden ehdoilla. Opetussuunnitelman avulla sukupolvet määrittelevät itsensä ja vastaavat erilaisiin moraalisiin, eettisiin ja käytännöllisiin kysymyksiin kuten esimerkiksi mitä meidän pitäisi oppia (Miettinen, 2008).

Heinosen (2005) mukaan opetussuunnitelma on metafora siitä, miten koulussa eletään. Opetussuunnitelma voidaan siis määritellä monella eri tavalla. Näkökulmia yhdistää kuitenkin se, että opetussuunnitelma on kompromissi ja kuvastaa aikansa arvoja (Miettinen, 2008).

Ammattikorkeakoulujen opetussuunnitelmissa määritellään tutkintoon johtavan opintokokonaisuudet tavoitteineen. Opetussuunnitelma sisältää ne tavoitteet, tiedot ja taidot, jotka on valittu ja katsottu opiskelun arvoisiksi (Vesterinen, 2001). Sen lisäksi siinä määritellään opintojaksot laajuuksineen, opintojen keskeiset sisällöt sekä opintojaksojen väliset yhteydet ja aikataulutukset. Opintosuunnitelmassa kuvataan ammatillisen kasvun eteneminen ja luodaan edellytykset opintojen esteettömälle etenemiselle. Lisäksi hyvä opetussuunnitelma luo raamit henkilökohtaisen opiskelusuunnitelman laatimiselle. (Auvinen, 2007). Opetussuunnitelma voi käsitteenä tarkoittaa myös opiskelijoiden kokemuksia oppilaitoksessa. (Kotila, 2000).

Laboratoriotyön opetussuunnitelmaan sisältyvät näkemykset yhteiskunnasta, laboratorioalan työelämästä, sen kehityksestä ja filosofiasta ohjaavat koulutuksen rakennetta, tavoitteita ja sisältöjä. Opetussuunnitelma muodostuu perusopinnoista, ammattiopinnoista ja syventävistä ja eriytyvistä opinnoista, joihin kuuluu työharjoittelu ja päättötyö. Sen laadinnassa on otettava huomioon tavoitettu pätevyys ja oppimisprosessi. (Ekola, 1992).

Rissanen (1998) on tutkinut opetussuunnitelmia bioanalyytikon opintolinjalla. Hänen mukaan opetussuunnitelmissa painottuu ammatissa vaadittava tiedollinen ja taidollinen osaaminen. Myös kiinnostus laboratoriotyöhön, kyky kehittää laboratoriotyötaitoja, itseohjautuvuus laboratoriotyön suorittamisessa sekä viestintä- ja yhteistyötaidot ovat keskeisiä opetussuunnitelman alueita.

3. Tutkimus

3.1. Tutkimuksen tavoite

Tutkimuksen tavoitteena on kartoittaa opetussuunnitelmien nykytilanne ammattikorkeakoulujen kemian opetuksessa. Tavoitteena on myös selvittää analyttisen kemian ja erityisesti metallianalytiikan opetuksen laajuutta ammattikorkeakouluissa.

3.2. Tutkimuskysymykset

Tutkimuskysymykset ovat:

1. Miten ja kuinka paljon kemiaa opetetaan ammattikorkeakouluissa?
2. Miten ja kuinka paljon analyttistä kemiaa opetetaan ammattikorkeakouluissa?

3.3. Kohderyhmä

Kohderyhmänä olivat kaikki ammattikorkeakoulujen kemian opettajat. Auvisen (2004) mukaan pääosa ammatillisen koulutuksen opettajista ovat kouluttautuneet opettajiksi 1970- ja 1980- luvuilla. Tutkimukseen osallistuneilla ammattikorkeakoulujen kemian opettajilla on runsaasti opetuskokemusta (7-33 vuotta, keskiarvon ollessa = 12,6 vuotta). Standardipoikkeama s on 8,7 vuotta ja luottamusvälin kanssa laskettuna $\mu = 12,6 \pm 3,6$ vuotta. 95 %:n luottamustasolla laskettuna opettajien työkokemus oli välillä 9-16 vuotta. Luottamusväli on pienempi kuin standardipoikkeama, koska vapausaste ($n-1$) oli riittävän suuri. Havaintojen lukumäärän ollessa $n = 25$ on vapausaste 24 ja $t = 2,07$. Vapausaste on arvioitu taulukosta taulukkoarvojen ollessa $t = 2,09$, kun vapausaste on 20 ja $t = 2,04$, kun vapausaste on 30 (taulukko 1).

Taulukko 1. Opetuskokemus ammattikorkeakoulussa vuosina prosenttiosuuksineen ($n = 25$).

Opetuskokemus vuosia	Prosenttiosuus
7	8
8	16
9	8
10	8
12	8
14	4
15	8
17	4
18	8
20	4
28	8
30	12
33	4

Enemmistö opettajista on koulutukseltaan joko DI tai FM. Myös filosofian kandidaatteja ja lisensiaatteja on enemmän kuin muita koulutustaustoja. Tohtorin ja kasvatustieteiden tutkinnon hankkineita on vähän. Tässä kysymyksessä havaintojen lukumäärä $n = 30$. Havaintojen lukumäärä on suuri kaksoistutkintojen vuoksi (taulukko 2).

Taulukko 2. Opettajien koulutus prosenttiosuuksineen, ($n = 30$).

Opettajien koulutus	Prosenttiosuus
KM	7
KL	3
LuK	3
FK	13
FM	24
FL	13
FT	7
DI	20
TkL	7
TkT	3

Opetus perustuu usein Antilan Tekniikan kemia – kirjaan kemian opetuksessa. Myös monisteita käytetään. Englannin kielistä kirjallisuutta on vain laboratorioalan opetuksessa (taulukko 3). Taulukon ryhmä muut sisältää vähemmän käytettyä kirjallisuutta.

Taulukko 3. Opetuksessa käytettävät kirjasarjat prosenttiosuuksineen, (n = 21).

Käytetty kirja tai kirjasarja	Prosenttiosuus
Tekniikan kemia	30
Chemistry (Zumdahl)	5
Quantitative chemical analysis (Harris)	7
Essential organic chemistry (Bruice)	5
Monisteet	12
Ei tiettyä kirjasarjaa	7
Muut	34

3.4. Tutkimusmenetelmä

Tutkimus suoritettiin kolmeosaisella kyselylomakkeella. Ensimmäisessä osassa käsiteltiin yleisiä asioita, kuten opetuskokemusta ja käytettävää kirjallisuutta. Kyselylomakkeen toinen osa kohdistui yleisesti ammattikorkeakoulujen kemian opetukseen. Kysymyksillä kartoitettiin, kuinka paljon aikaa opetukseen käytetään, mitä ja miten kemiaa opetetaan. Kolmas osa oli kohdistettu analyyttisen kemian ja metallianalytiikan opetukseen. Kysymyksillä kartoitettiin laboratorio-opetusta ja mitkä asiat analyyttisen kemian opetuksessa opettajat katsovat olevan kehityksen tarpeessa. Kysely lähetettiin sähköpostitse 23.4.2009 ja vastausaikaa oli 18.6.2009 saakka. Viikkoa ennen vastausajan päättymistä muistutussähköposti lähetettiin kyselyyn vielä vastaamattomille opettajille.

3.5. Tulosten analysointi ja luotettavuus

Tutkimuksen kysymyksiä analysoitiin tilastollisesti ja sisällönanalyysillä. Kysymykset, joissa oli numeerisia arvoja ja asteikko (1 = ei opeteta, 2 = hyvin helppo, 3 = helppo, 4 = keskimääräinen, 5 = melko vaikea, 6 = vaikea ja 7 = erittäin vaikea) analysoitiin tilastollisesti. Näistä kysymyksistä laskettiin aritmeettinen keskiarvo ja keskihajonta. Aritmeettinen keskiarvo on tilastotieteen käytetyin keskiluku. Tavallisesti puhutaan vain keskiarvosta, mutta pidempi nimi erottaa käsitteen geometrisesta tai harmonisesta keskiarvosta. Luokitellun aineiston kohdalla käytetään painotettua keskiarvoa. Keskiarvo kuvaa jakauman huipun arvoa. Aritmeettinen keskiarvo saadaan kaavasta:

$$(1) \quad \bar{x} = \sum_i \frac{x_i}{n}$$

Keskihajonta on käyttökelpoisin aineiston vaihtelun mitta. Se kuvaa muuttujan arvojen vaihtelua keskiarvon molemmiin puolin. Hajontaluku on reaaliluku, joka saa suuren arvon kun aineistossa on paljon vaihtelua. Jos aineistossa ei ole vaihtelua eli havainnot ovat samoja, saa se arvon nolla. Keskihajonta kuvaa hajontaa 68 %:n luottamustasolla. Keskihajonta saadaan kaavasta:

$$(2) \quad s = \sqrt{\sum \frac{(x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}}$$

* \bar{x} = keskiarvo ja n = havaintoarvojen lukumäärä.

Tuloksista laskettiin myös luottamusväli 95 %:n luottamustasolla, joka kuvaa paremmin vastauksen luotettavuutta kuin keskiarvo. (Miller, 2000). Luottamusväli kertoo alueen millä välillä todelliset tulokset ovat tietyllä todennäköisyydellä. Luottamusvälin laajuus riippuu luottamustasosta. (Rautiainen, 2000). Luottamustaso kertoo, millä todennäköisyydellä perusjoukkoa kuvaava luku on jollain tietyllä luottamusvälillä. 95 %:n luottamustaso tarkoittaa 95 %:n todennäköisyyttä. Luottamusväli saadaan kaavalla

$$(3) \quad \mu = \bar{x} \pm t \left(\frac{s}{\sqrt{n}} \right)$$

* t :n arvo riippuu sekä $(n-1)$:stä, joka tunnetaan vapausasteena, ja vaaditun luottamuksen asteesta. (Miller, 2000).

Sanallisia vastauksia analysoitiin sisällönanalyysillä vastausten lukumäärän perusteella. Sisällönanalyysi on perusmenetelmä, jota voidaan käyttää laadullisessa tutkimuksessa. Sisällönanalyysi ei ole vain metodi, vaan sitä voi pitää myös teoreettisena kehyksenä. Useimmat laadullisen tutkimuksen analyysimenetelmät perustuvat sisällönanalyysiin. Sisällönanalyysiä voidaan käyttää haastattelun analysointiin. Tällä menetelmällä pyritään saamaan tutkittavasta ilmiöstä kuvaus yleisessä muodossa. Sisällönanalyysi on tekstianalyysiä, jolla saadaan kerätty aineisto järjestetyksi johtopäätöksiä varten. (Tuomi & Sarajärvi, 2002).

Sähköpostilla lähetettävän survey -kyselyn riskinä on pieni vastausprosentti ja se, että ymmärtääkö vastaaja kysymykset oikein. Muistutussähköpostilla voi lisätä vastausprosenttia (Tampereen teknillinen yliopisto, 2002) ja se lisääkin sitä hieman. Tämän kyselyn vastausprosentti oli pieni ja sen vuoksi tilastollisesti laskettujen kysymysten tulokset eivät ole kuin suuntaa antavia. Myös vastaajan mieliala voi vaikuttaa vastauksiin ja tuloksia luettaessa se pitää ottaa huomioon. Pieneen otokseen vaikuttaa myös kyselyn ajankohta. Ammattikorkeakouluopettajilla on keväällä opetussuunnitelmien teon kanssa kiireitä. Otos on pieneen kokoonsa nähden edustava. Vastauksia tuli eripuolelta Suomea ja erilaisilta koulutusaloilta. Myös vastanneiden ikäjakauma lisää luotettavuutta. Vastanneet olivat lähinnä pidempään opettaneita opettajia. Pidempään opettaneille opettajille on kokemuksen kautta kehittynyt näkemys ammattikorkeakouluopetuksen hyvistä ja huonoista puolista.

4. Tulokset

4.1. Tutkimuskysymyksen 1 tulokset

Kemiaa opetetaan viikossa keskimäärin 10 - 20 tuntia. Laboratorioalalla kemian opetusta on selvästi enemmän kuin muilla aloilla ja se selittää keskiarvon. Alle 10 tunnin kemian opetuksen suuri osuus selittyy sillä, että kemia kuuluu monen alan opetukseen, mutta sillä ei ole suurta osaa kokonaisopetuksessa. Vastauksista laskettiin keskiarvo, keskihajonta ja luottamusraja. Laskuja varten opetustuntimäärät numeroitiin seuraavasti: 1 = alle 10

h/viikko, 2 = 10 - 20 h/viikko ja 3 = yli 20 h/viikko. Keskiarvo on $\bar{x} = 1,7$, joka tarkoittaa noin 10 opetustuntia viikossa. Keskihajonta $s = 0.6$ ja luottamusrajan kanssa $\mu = 1,7 \pm 0,3$. Tämä tarkoittaa sitä, ettei juurikaan opeteta yli 20 tuntia viikossa 95 %:n luottamustasolla mitattuna (taulukko 4).

Taulukko 4. Opetukseen käytettävät tunnit viikossa prosenttiosuuksineen, (n = 21).

Opetustunteja viikossa	Prosenttiosuus
alle 10	38
10-20	52
yli 20	10

Kemiaa opetetaan laajalta alueelta. Opetus keskittyy perus- ja yleiseen kemiaan sekä orgaaniseen kemiaan. Myös laboratoriotöitä, analyttistä kemiaa ja ympäristökemiaa opetetaan paljon. Eri koulutusaloilla on omat erikoiskurssinsa, joista mainittakoon mm. muovikemia, teollisuuskemia ja elintarvikekemia (taulukko 5). Erikoiskurssit sisältyvät taulukossa ryhmään muut.

Taulukko 5. Ammattikorkeakouluissa opettavat kurssit prosenttiosuuksineen, (n = 25).

Kemian aihe	Prosenttiosuus
Perus- ja yleinen kemia	25
Epäorgaaninen kemia	6
Orgaaninen kemia	13
Fysikaalinen kemia	6
Analyttinen kemia	8
Ympäristökemia	7
Laboratoriotyöt	8
Muut	27

Auvisen (2004) mukaan ammattikorkeakoulujen opettajille haastetta asettaa opiskelijoiden heikot pohjatiedot ja opiskelijamassan heterogeenisuus. Myös kemian opettajat pitävät suurimpina haasteina opiskelijoiden heikkoja pohjatietoja ja ryhmien heterogeenisuutta. Auvisen (2004) mukaan heterogeenisuus johtuu erilaisesta opiskelutavasta ja liian suurista sisäänottomääristä. Myös liian vähäinen opetus, opiskelijoiden motivaation puute ja kemian integroiminen ammattiaineiden tarpeisiin koetaan kemian opetuksen haasteena. Auvisen (2004) mukaan motivaation puute ja sitoutumattomuus selittyy yhteiskunnallisilla syillä. Puolestaan Koskelan (2003) mukaan siihen vaikuttaa koti, opettajat, opiskelutoverit, oppilaitos ja työtilanne. Laboratorioalan huolena on teollisuuden tietoisuus valmistuvien osaamisesta ja työtehtävistä. Koetaan, että laboratorioanalytiikat sijoittuvat koulutusta vastaamattomiin tehtäviin, kuten laborantin tehtäviin. Auvisen (2004) mukaan teollisuudessa ei aina ymmärretä toisen asteen ja ammattikorkeakoulutuksen välistä eroa. Kemiaa ei myöskään arvosteta tarpeeksi. Tämä selittyy sillä, että kemia on opettavana aineena monilla tekniikan ja joillakin sosiaali- ja terveystieteiden aloilla, joissa opetuksesta päättävät johtajat eivät ole kemistejä. Auvisen (2004) mukaan opiskelijoilla on nykyään erilaisia valmiuksia kuin aiemmin. Eräs tällainen on kielitaito, joka kemian opiskelijoilla on vaihtelevaa. Haasteellista kemian opettajille on myös kurssien tekeminen mielenkiintoiseksi ja laboratoriotöiden soveltaminen opetukseen.

heikkojen tilojen ja välineiden vuoksi (taulukko 6). Vähemmän haasteelliseksi koetut asiat on taulukossa kohdassa muut.

Taulukko 6. Opetuksen haasteet prosenttiosuuksineen, (n = 25).

Opetuksen haaste	Prosenttiosuus
Heikot pohjatiedot	15
Kemian arvostuksen puute	7
Kemian integrointi ammattiaineisiin	9
Opetuksen vähyys	7
Opiskelijoiden heterogeenisuus	13
Opiskelijoiden motivaation puute	9
Muut	40

Arvioitavien käsitteiden opetuksen vaikeudessa oli hajontaa. Arvioitavina käsitteinä oli atomimassa, molekyyli­massa, mooli, konsentraatioyksiköt, aktiivisuus, näytteenotto, näytteen­käsittely, analyysimenetelmän valinta ja validointi, kalibrointi, tarkkuus ja toistettavuus, titrimetria, gravimetria, spektrometria ja kromatografia. Käsitteet pyrittiin valitsemaan siten, että ne kattaisivat hyvin sekä peruskemian että laboratorioalan analyttisen kemian opetusta. Tässä ei kuitenkaan täysin onnistuttu, sillä monia valittuja käsitteitä ei opeteta ammattikorkeakoulujen kemian perusteiden opetuksessa ollenkaan muutoin kuin laboratorioalalla.

Laskuja ja analyysiä varten kysymys numeroitiin seuraavasti: 1 = ei opeteta, 2 = hyvin helppo, 3 = helppo, 4 = keskimääräinen, 5 = melko vaikea, 6 = vaikea ja 7 = erittäin vaikea. Laskuista jätettiin pois kohta 1 = ei opeteta. Vaikeaksi opetettavaksi koetuksi käsitteeksi on tulkittu ne käsitteet, joissa keskiarvo $\bar{x} < 4$, mikä tarkoittaa vaikeudeltaan vähintään keskimääräiseksi koettua käsitettä. Vaikeimpina käsitteinä pidettiin analyysimenetelmän valintaa ja validointia ($\mu = 5,13 \pm 0,51$), spektrometriaa ($\mu = 4,94 \pm 0,59$), kromatografiaa ($\mu = 4,80 \pm 0,57$) aktiivisuutta ($\mu = 4,71 \pm 0,48$), kalibrointiä ($\mu = 4,35 \pm 0,65$), moolia ($\mu = 4,08 \pm 0,68$) ja titrimetriaa ($\mu = 4,06 \pm 0,43$). Tuloksia tarkasteltaessa 95 %:n luottamustasolla, huomataan, että hajonta on pientä. Kaikki edellä mainitut käsitteet ovat helpon ja vaikean tai keskimääräisen ja vaikean välillä. Näistä termeistä analyysimenetelmän valinta ja validointi koetaan vaikeimmaksi käsitteeksi opettaa. Mooli jakoi mielipiteitä. Se koettiin myös joko hyvin helpoksi tai erittäin vaikeaksi opettaa. Myös spektrometria koettiin erittäin vaikeaksi käsitteeksi opettaa ja kalibrointi hyvin helpoksi.

Helpoimmiksi opetettaviksi koetuksi käsitteiksi on tulkittu ne käsitteet, joissa keskiarvo $\bar{x} < 4$, mikä tarkoittaa vaikeudeltaan enintään keskimääräiseksi koettua käsitettä. Helpoimpia kemian käsitteitä opettaa olivat näytteen­käsittely ($\mu = 3,07 \pm 0,68$), gravimetria ($\mu = 3,20 \pm 0,52$), atomimassa ($\mu = 3,21 \pm 0,43$), konsentraatioyksiköt ($\mu = 3,33 \pm 0,51$), molekyyli­massa ($\mu = 3,44 \pm 0,54$), näytteenotto ($\mu = 3,80 \pm 0,67$), ja tarkkuus ja toistettavuus ($\mu = 3,90 \pm 0,53$). Hajonta ei ole suurta 95 %:n luottamustasolla tarkasteltuna. Käsitteet olivat hyvin helpon ja keskimääräisen tai helpon ja keskimääräisen välillä. Näytteen­käsittely koetaan helpoimmaksi käsitteeksi opettaa. Tosin se on myös koettu vaikeaksi opetettavaksi käsitteeksi. Muita vaikeaksikin opetettaviksi koettuja käsitteitä ovat atomimassa, molekyyli­massa, konsentraatioyksiköt, näytteenotto ja

tarkkuus- ja toistettavuus, joka on koettu myös erittäin vaikeaksi käsitteeksi opettaa. Kaikkia vaikeudeltaan enintään keskimääräisiksi koettuja käsitteitä pidetään myös joko hyvin helppoina tai helppoina opettaa.

Kemian käsitteitä, joita ei joissakin oppilaitoksissa opeteta olivat analyysimenetelmän valinta ja validointi, gravimetria, näytteenkäsittely, näytteenotto, aktiivisuus, kromatografia, spektrometria, titrimetria, kalibrointi ja tarkkuus ja toistettavuus. Näitä termejä opetetaan erityisesti laboratorioalalla. Kyselyssä ei ollut yhtäkään käsitettä, jota olisi opetettu kaikissa oppilaitoksissa (taulukko 7).

Taulukko 7. Kemian termien opettamisen vaikeus vaikeusasteineen ja prosenttiosuuksineen, (n = 25).

Käsite	Prosenttiosuus vaikeusasteittain						
	Ei opeteta	Hyvin helppo	Helppo	Keski-määräinen	Melko vaikea	Vaikea	Erittäin vaikea
Atomimassa	4	24	40	24	4	4	0
Molekyyli­massa	4	27	31	15	15	8	0
Mooli	4	20	20	16	20	12	8
Konsentraatioyksiköt	4	12	48	16	8	12	0
Aktiivisuus	41	0	0	29	17	13	0
Näytteenotto	41	12	8	23	12	4	0
Näytteenkäsittely	42	8	4	15	23	8	0
Analyysimenetelmän valinta ja validointi	42	0	0	19	12	27	0
Kalibrointi	23	4	27	8	15	23	0
Tarkkuus ja toistettavuus	23	0	15	19	27	12	4
Titrimetria	31	0	19	31	15	4	0
Gravimetria	43	15	19	19	4	0	0
Spektrometria	32	0	8	16	20	20	4
Kromatografia	40	0	4	24	12	20	0

Vesterisen (2001) tutkimuksen mukaan projektityöskentely on yksi näkyvä ja yhä laajemmin käytetty pedagoginen ratkaisu koulutuksen ja työelämän yhteistyölle ammattikorkeakoulussa. Kemian opetuksessa käytetään myös projekteja. Opetusmenetelmänä kuitenkin luento on yleisin. Myös laskuharjoituksia ja laboratoriotyöskentelyä käytetään paljon. Muita käytettäviä opetusmenetelmiä ovat mm. ongelmanratkaisu/harjoitustehtävät ja demonstraatiot. Auvisen (2004) mukaan teollisuudessa toivotaan ammattikorkeakoulukouluista valmistuvilta raporttien tekotaitoa. Kemian opetuksessa raportteja tehdään kohtalaisen paljon. Virtuaalisia ja tietoteknisiä opetusmenetelmiä käytetään vähän, kuten animaatioita, simulointia ja laboratorioalalla validointisuunnitelmia (taulukko 8). Taulukossa ryhmä muut sisältää vähemmän käytettyjä opetusmenetelmiä.

Taulukko 8. Käytetyt opetusmenetelmät prosenttiosuuksineen, (n = 18).

Opetusmenetelmä	Prosenttiosuus
Luento	27
Laskuharjoitukset	13
Laboratoriotyöt	19
Ongelmanratkaisu	6
Demonstraatiot	6
Muut	29

Auvisen (2004) mukaan ammattikorkeakouluissa ollaan siirtymässä yhä enemmän tietokoneiden käyttöön opetuksessa. Kemian opetuksessa tietokoneen käyttö on kuitenkin vähäistä. Alle viiden viikkotunnin määrä on hyvin yleinen. Toisaalta tietokonetta käytetään myös yli 10 tuntia viikossa. Vastauksista laskettiin keskiarvo, keskihajonta ja luottamusväli. Laskuja varten tietokoneen käyttömäärät numeroitiin seuraavasti: 1 = alle 5 tuntia/viikko, 2 = 5 - 10 tuntia/viikossa ja 3 = yli 10 tuntia/viikossa. Luottamusvälin kanssa laskettuna tulokseksi saatiin $\mu = 1,63 \pm 0,33$. Tämä osoittaa sen, että tietokonetta käytetään alle 10 tuntia viikossa ja yleisimmin alle 5 tuntia viikossa. Standardipoikkeama on 0,77 (taulukko 9).

Taulukko 9. Opetukseen käytetty tietokoneen käyttömäärä, (n = 21).

Tietokoneen käyttö tuntia/viikko	Prosenttiosuus
Alle 5	54
5 - 10	29
yli 10	17

Tietokonepohjaisessa opetuksessa Power – Point -esitykset ovat yleisimpiä. Myös internetiä, laboratorioiden tietokoneohjelmia, oppimisympäristöjä ja videoita käytetään paljon. Digitaalinen materiaali ja oppimistehtävät ovat harvinaisia tietokoneen käyttötapoja. (taulukko 10). Taulukossa ryhmä muut sisältää vähemmän käytettyjä tietokoneen käyttötapoja.

Taulukko 10. Tietokoneen käyttötapat prosenttiosuuksineen, (n =16).

Tietokoneen käyttötapat	Prosenttiosuus
Excel	7
Power Point	20
Internet	9
Laboratorion tietokoneohjelmat	7
Oppimisympäristöt	9
Simulointi	7
Tiedonhaku	7
Videot	9
Muut	25

Laboratorio-opetusta annetaan määrällisesti vähän. Laboratoriotöitä tehdään useimmiten alle 10 tuntia viikossa. Yli 20 tunnin laboratorio-opetus on harvainen. Tulosten tarkastelua varten laboratorio-opetuksen tuntimäärät numeroitiin seuraavasti: 1 = alle 10

tuntia/viikko, 2 = 10 - 20 tuntia/viikko ja 3 = yli 20 tuntia/viikko. Näistä laskettiin keskiarvo, keskihajonta ja luottamusväli. Keskiarvo on 1,28, joka kertoo sen, että opetusta annetaan alle 10 tuntia viikossa. Keskihajonta huomioiden, joka on $s = 0,61$, voidaan sanoa, että 68 %:n luottamustasolla tarkastettuna opetusta annetaan laboratorioissa alle 20 tuntia viikossa. Samaan tulokseen päädytään myös luottamusvälin kanssa, jolloin tulos on $\mu = 1,28 \pm 0,25$ (taulukko 11).

Taulukko 11. Laboratorio-opetuksen määrä prosenttiosuuksineen, (n = 25).

Laboratorio-opetusta tuntia/viikko	Prosenttiosuus
Alle 10	80
10-20	12
yli 20	8

Laboratoriotyöt ovat usein kytketty teoriaan. Yleisin tapa on käydä teoria läpi ennen töitä. Ne voivat edetä rinnakkain tai teoria voi tukea laboratoriotoita. Harvemmin työt tehdään ennen teoriaa tai laboratoriotoita ei ole ollenkaan. Kysymys arvioitiin lukumääräisesti. (taulukko 12).

Taulukko 12. Laboratorioiden ja luentojen toisiin kytkentä prosenttiosuuksineen, (n = 23).

Laboriotoitiden ja luentojen kytkentä	Prosenttiosuus
Teoria ennen laboratoriotoita	34
Laboriotoityöt ennen teoriaa	9
Laboriotoityöt ja teoria kulkevat rinnakkain	22
Laboriotoityöt tukevat teoriaa	26
Ei laboratoriotoita	9

Auvisen (2004) mukaan ammattikorkeakouluilla on teollisuuden kanssa paljon yhteistyötä. Myös kemian opetuksessa ammattikorkeakouluilla on projekteja oppilaitoksen ulkopuolelle. Toisaalta niitä ei ole ollenkaan. Useimmiten projektit ovat opinnäytteitä tai palvelutoimintaa. Myös oppilaitoksen sisällä on yhteisiä projekteja aineopintojen opettajien kanssa. Oppilaitoksen ulkopuolelle on työharjoittelua ja ekskursioita. Yliopiston ja ammattikorkeakoulun opetuksessa on yhteistyötä lähinnä yhteisten kurssien muodossa. Projektityöt voivat esiintyä maksullisen palvelutoiminnan muodossa (taulukko 13). Vastauksia analysoitiin sisällönanalyysillä vastausten lukumäärän perusteella.

Taulukko 13. Koulun ulkopuoliset projektit prosenttiosuuksineen, (n = 9).

Koulun ulkopuoliset projektit	Prosenttiosuus
Ekskursiot	4
Harjoitustyöt	4
Opinnäytetyöt	18
Palvelutoiminta	18
Tutkimus- ja kehitystyö	7
Työharjoittelu	11
Yhteistyö oppilaitosten sisällä	14
AMK:n ja yliopiston yhteiset kurssit	4
Ei projekteja	20

Auvisen (2004) mukaan teollisuudessa toivotaan ammattikorkeakoulusta valmistuvilla olevan ryhmätyötaitoja. Ongelmaperustainen opetus kehittää nimenomaan näitä taitoja. Ongelmaperustaisen opetuksen osuus ammattikorkeakoulujen kemian opetuksesta on kuitenkin vähäinen. Sitä ei anneta ollenkaan tai ongelmaperustaisen osuus on alle 25 %. Yli 50 %:n osuus on olematon. Tilastollisia laskuja varten prosenttiosuudet numeroitiin siten, että 1 = ei ollenkaan, 2 = alle 25 %, 3 = 25 - 50 %, 4 = 50 - 75 % ja 5 = yli 75 %. Laskettu keskiarvo luottamusrajoineen 95 %:n luottamustasolla tarkasteltuna $\mu = 1.85 \pm 0.39$ todistaa sen, ettei PBL:n osuus kemian opetuksesta ole yli 50 %. Standardipoikkeama s on 0,83 (taulukko 14).

Taulukko14. Ongelmaperustaisen opetuksen määrä opetuksessa, (n = 21).

PBL:n määrä opetuksessa	Prosenttiosuus
Ei ollenkaan	42
Alle 25 %	43
25 – 50 %	10
50 – 75 %	5
yli 75 %	0

4.2. Tutkimuskysymyksen 2 tulokset

Auvisen (2004) mukaan ammattikorkeakouluopetuksen opetussuunnitelmat pohjautuvat osin curriculum - ajattelulle eli työelämälähtöisyyteen. Työelämä ja käytäntö monesti kuitenkin erotetaan toisistaan ja teoriaa painotetaan enemmän. Analyyttisen kemian opetuksen keskeiset tavoitteet ovat opettajille henkilökohtaisia ja työelämälähtöisiä. Keskeisimpinä tavoitteina pidetään laitteiden käytön hallintaa ja laboratoriotöiden ja teorian ymmärtämistä. Myös laadun ja validoinnin ymmärtäminen, perusmenetelmien ymmärtäminen ja teorian ymmärtäminen katsotaan analyttisen kemian opetuksen keskeisiksi tavoitteiksi (taulukko 15). Vastauksia analysoitiin sisällönanalyysillä vastausten lukumäärän perusteella. Taulukossa ryhmä muut sisältää vähemmän esille tulleita opetuksen tavoitteita.

Taulukko 15. Analyttisen kemian opetuksen tavoitteet prosenttiosuuksineen, (n = 15).

Analyttisen kemian opetuksen tavoitteet	Prosenttiosuus
Laadun ja validoinnin ymmärtäminen	10
Laboratoriotöiden ja teorian yhteyden ymmärtäminen	14
Laitteiden käytön hallinta	18
Perusmenetelmien ymmärtäminen	9
Teorian ymmärtäminen	9
Muut	40

Analyttisen kemian opetukseen halutaan lisää aikaa, niin teoriaan, laboratoriotöihin kuin demonstraatioihinkin. Laboratoriotöihin tarvitaan laitteita, joilla ilmiö ja analyysitapa ymmärretään. Myös ongelmaperustaista opetusta ja opiskelijoiden vastuuta opiskelemisessa toivotaan lisää (taulukko 16). Auvisen (2004) tutkimuksen mukaan ammatillisessa koulutuksessa pyritään edistämään opiskelijoiden itseohjautuvuutta. Tämän

kysymyksen vastauksia analysoitiin sisällönanalyysillä vastausten lukumäärän perusteella. Ryhmä muut taulukossa sisältää vähemmän esille tulleita opetuksen muutoksen tarpeita.

Taulukko 16. Analyyttisen kemian muutoksen tarve prosenttiosuuksineen, (n = 12).

Analyttisen kemian muutoksen tarve	Prosenttiosuus
Lisää opetusta	53
Muut	47

Oppilastyöt ovat käytetyin opetusmenetelmä analyttisen kemian opetuksessa. Muita runsaasti käytettäviä menetelmiä ovat demonstraatiot, tietokoneohjelmat ja opetusvideot. Tietokoneohjelmat ovat lähinnä laboratoriolaitteiden tietokoneohjelmia. Muista menetelmistä yleisimmät ovat opintoretet ja vierailut. Luennot, laskuharjoitukset ja esitelmät ovat yleisiä opetusmenetelmiä, mutta tässä kysymyksessä ne vain mainittiin. Vastauksia analysoitiin sisällönanalyysillä vastausten lukumäärän perusteella (taulukko 17). Taulukon ryhmä muut sisältää vähemmän käytettyjä analyttisen kemian opetustapoja.

Taulukko 17. Analyttisen kemian opetusmenetelmät prosenttiosuuksineen, (n = 8).

Analyttisen kemian opetusmenetelmät	Prosenttiosuus
Tietokoneohjelmat	19
Opetusvideot	11
Oppilastyöt	31
Demonstraatiot	22
Opintoretet ja vierailut	8
Muut	29

Opetukseen käytettäviä laitteistoja on paljon. Joissain oppilaitoksissa on käytössä vain pienlaitteistoja, kuten pH-mittareita ja titraattoreita. Yleisimmät analyysilaitteet ovat pienlaitteiden lisäksi erilaiset spektrofotometriset laitteet, kuten UV/Vis ja AAS – laitteistot. Myös kromatografiset laitteet, kuten GC – laitteistot ja LC/HPLC ja rakennetutkimukseen käytettävät laitteet, kuten XRF ja IR/FTIR ovat yleisesti opetuskäytössä. Harvemmin opetuskäytössä olevia laitteita ovat ICP, kaasuanalyysiaattori, kapillarielektroforeesi ja keydahl -tyypianalyysiaattori. Kysymys analysoitiin sisällönanalyysillä (taulukko 18). Ryhmä muut taulukossa sisältää vähemmän opetukseen käytettäviä laitteistoja.

Taulukko 18. Kemian opetukseen käytettäviä analyysilaitteistoja prosenttiosuuksineen, (n = 16).

Opetukseen käytettävä laitteisto	Prosenttiosuus
Spektrofotometriset laitteet (ICP, AAS ja UV/Vis)	27
Kromatografiset laitteet (GC, IC, LC ja GLC)	28
Pienlaitteet (pH-mittarit, potentiometrit, titraattorit ym.)	18
Rakennetutkimus (IR ja XRF)	15
Muut	32

Metallianalytiikan opetuksen osuus on pieni. Se on keskittynyt laboratorioalalle ja sitä on laboratoriotöissä ja kursseilla. Laboratoriotöissä tehdään erilaisia metallianalyyskejä ja AAS -töitä. Pelkästään kvantitatiivisia töitä tehdään vähän (taulukko 19). Tämä vastaus analysoitiin sisällönanalyysillä vastausten lukumäärän perusteella.

Taulukko 19. Metallianalytiikan opetuksen määrä prosenttiosuuksineen, (n = 15).

Metallianalytiikan opetuksen määrä	Prosenttiosuus
Vähän/esittely	31
Paljon erilaisia analyttisiä töitä ja teoriaa	13
Kvantitatiivisia töitä	6
Metallianalyyskejä	25
AAS -töitä	25

Metallianalytiikassa käytettäviä määrittämenetelmiä opetetaan yleisesti, joista AAS on selvästi yleisin. Myös sähkökemian ja erilaiset laboratoriotyöt kuuluvat analyttisen kemian opetukseen. On myös oppilaitoksia, joissa analyttinen kemia esitellään vain lyhyesti. Tämä vastaus analysoitiin sisällönanalyysillä vastausten lukumäärän perusteella. (Katso taulukko 20).

Taulukko 20. Opetuksessa käytettävät metallianalytiikan aiheet prosenttiosuuksineen, (n = 10).

Metallianalytiikan aiheet	Prosenttiosuus
AAS	34
ICP	6
XRF ja röntgendiffraktio	12
Esittely	18
Laboratoriotöitä	12
Sähkökemian	28

5. Johtopäätökset

Ammattikorkeakoulujen kemian opetuksen opetussuunnitelmista ei löydy tutkimuksia. Sen vuoksi niiden tutkiminen on hyödyllistä ja tarpeellista. Tutkimus antaa tietoa ammattikorkeakoulujen kemian opetuksen kehittämistarpeesta ja – mahdollisuuksista. Tutkimus on osin yhteneväinen aiemmin tehdyn ammattikorkeakoulujen opintosuunnitelmiin kohdistuneen tutkimuksen kanssa (Auvinen, 2007). Kyselyn pienen vastausprosentin vuoksi tutkimuksesta voi vetää vain suuntaa antavia johtopäätöksiä.

Kokenut ja koulutettu ammattikorkeakoulujen opetushenkilökunta opettaa kemiaa lähinnä perinteisesti käyttäen useimmiten suomenkielistä kirjallisuutta. Opetusta on määrällisesti vähän ja se keskittyy kemian perusteisiin. Opiskelijoiden vaihteleva aiempi opintojen määrä ja suuret opiskelijamassat aiheuttavat ammattikorkeakoulujen kemian opettajille haastetta, koska pohjatiedot ovat vaihtelevat. Haastetta on myös kemian integroimisessa ammattiaineisiin ja opiskelijoiden motivaation puutteessa.

Analyttisen kemian opetuksessa on pulaa opetustunneista. Ongelmaperustaisen oppimisen osuuden ja opiskelijoiden vastuun lisäämistä toivotaan analyttisen kemian

opetukseen. Analyttisen kemian opetuksen keskeiset tavoitteet, opetus ja siihen käytettävä laitteisto on suunnattu teollisuuteen. Metallianalytiikan osuus opetuksesta on pieni ja keskittynyt laboratorioalan opetukseen.

Lähteet

Annala, J. (2007). Merkitysneuvotteluja hopsista ja sen ohjauksesta, Akateeminen väitöskirja, Tampereen yliopiston kasvatustieteiden tiedekunta, Tampere, Tampereen yliopisto.

Auvinen, A. (2007). Opetussuunnitelma ammattikorkeakoulussa, Pohjois - Karjalan ammattikorkeakoulu, B: Selosteita ja opetusmateriaalia.

Auvinen, P., Hirvonen, K., Dal Maso, R., Kallberg, K., & Putkuri, P. (2007). Opetussuunnitelma ammattikorkeakoulussa. Joensuu, Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu.

Auvinen, P. (2004). Ammatillisen käytännön toistajasta monipuoliseksi aluekehittäjäksi? Akateeminen väitöskirja, Joensuun yliopiston kasvatustieteiden tiedekunta, Joensuu, Joensuun yliopisto.

Ekola, J. (1992). Opetussuunnitelma - joustava pedagoginen opas. Kirjassa J. Ekola (Toim.) Johdatusta ammattikorkeakoulupedagogiikkaan (s. 91-103). Juva, WSOY.

Elliot, J. (1998). *The curriculum experiment, Meeting the challenge of social change*. Buckingham: Open university press.

Heinonen, J-P. (2005). Opetussuunnitelmat vai oppimateriaalit. Peruskoulun opettajien käsityksiä opetussuunnitelmien ja oppimateriaalien merkityksestä opetuksessa, Helsingin yliopiston kasvatustieteen laitos, Helsinki, Helsingin yliopisto.

Helakorpi, S., & Olkinuora, A. (1997). *Asiantuntijuutta oppimassa. Ammattikorkeakoulupedagogiikkaa*. Porvoo, WSOY.

Koskela, H. (2003). Opiskelijoiden haasteellisuudesta ammattiopintoihin sitoutumisen substanssiteoriaan. Grounded theory – menetelmän soveltaminen ammattioppilaitoksen opettajien kuvauksiin opetettavista, Joensuun yliopisto. Kasvatustieteellisiä julkaisuja 86.

Kotila, H. (2000). Ammattikorkeakoulun opiskelijoiden kokemuksia opetussuunnitelmasta, Akateeminen väitöskirja, Helsingin yliopiston kasvatustieteiden tiedekunta, Helsinki, Helsingin yliopisto.

Miettinen, K. (2008). Opetussuunnitelmat ja erityisopetus ammatillisessa perustutkintokoulutuksessa, Akateeminen väitöskirja, Tampereen yliopiston kasvatustieteiden tiedekunta, Tampere, Tampereen yliopisto.

Miller, J. C., & Miller, J. N. (2000). *Statistics and chemometrics for analytical chemistry*. Dorschester, Prentice Hall Ltd.

Opetusministeriö, (2009).

<http://www.minedu.fi/OPM/Koulutus/ammattikorkeakoulutus/ammattikorkeakoulut/?lang=fi>, luettu 19.8.2009.

Rautiainen, J. (2000). Piin määrittäminen sellunkeittoon käytetystä materiaalista, Lisensiaatin tutkimus, Jyväskylän yliopiston kemian laitos, Jyväskylä, Jyväskylän yliopisto.

Rissanen, V. (1998). Laboratoriotyön kvalifikaatiot ammattikorkeakoulun opetussuunnitelmissa, Pro-Gradu tutkielma, Kuopion yliopisto.

Tampereen teknillinen yliopisto, (2002). <http://www.rta.tut.fi/LCC-OK/tutkimusmenet.htm>, luettu 5.11.2009.

Tuomi, J., & Sarajärvi, A. (2002). *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi*. Helsinki, Tammi.

Vesterinen, P. (2001). Projektiopiskelu ja – oppiminen ammattikorkeakoulussa, Akateeminen väitöskirja, Jyväskylän yliopiston kasvatustieteiden tiedekunta, Jyväskylä, Jyväskylän yliopisto.

Ensimmäisen vuosikurssin kemian opiskelijoiden näkemyksiä kemian opinnoista (T)

Nina Aremo¹, Juhani Kronholm² & Maija Aksela³

¹ Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta, Opetuksen tuki, Helsingin yliopisto

² Kemian laitos, Helsingin yliopisto

³ Kemian opetuksen keskus, Kemian laitos, Helsingin yliopisto

Artikkelissa tarkastellaan uusien kemian opiskelijoiden kemiakuvaa ja motivaatiota sekä tekijöitä, jotka vaikuttavat niiden muodostumiseen. Tutkimukseen osallistuivat vuosina 2006 – 2008 Helsingin yliopistossa kemian opintonsa aloittaneet opiskelijat. Noin puolet vastaajista oli kemiaan suuntautuneita ja heidän tavoitteenaan oli suorittaa korkeakoulututkinto kemiassa. Tutkimuksen mukaan opiskelupaikan valintaan vaikuttivat kemian opiskelun mielenkiintoisuus, mahdollisuuksien määrä, ympäristöasiat, merkittävyys tieteenalana ja tärkeys jokapäiväisessä elämässä. Opiskelijan oma päätös oli tärkein syy kemian valintaan pääaineeksi, mutta myös lukion kemian opettajalla oli valintaan merkittävä vaikutus. Kemiaan suuntautuneille opiskelijoille kemian kokeellisilla töillä ja tutustumisvierailuilla yliopistoon oli myös merkitystä valintaan. Opiskelijoiden mielestä lukio-opetuksessa oli vähän laboratoriotöitä ja luennot koettiin teoreettisiksi ja oppikirjasidonnaisiksi. Opiskelumuodoiksi opiskelijat toivoivat eniten luentoja, laskuharjoituksia ja laboratoriotöitä. Kemiaan suuntautuneet opiskelijat toivoivat opetukselta enemmän laboratoriotöitä ja vähemmän laskuharjoituksia kuin kaikki opiskelijat keskimäärin. Opiskelua motivoiviksi tekijöiksi nousi mielenkiintoinen aihe, hyvä opettaja ja kokeellisuus. Myös konkreettiset esimerkit ja oppiaineen monipuolisuus nousivat vastauksissa esille. Kemiaan suuntautuneet opiskelijat arvostivat kemiaa tieteenalana ja ammattina enemmän kuin kaikki tutkimukseen vastanneet keskimäärin.

1. Johdanto

Viime vuosina on maailmanlaajuisesti ollut havaittavissa, että nuorten kiinnostus hakeutua opiskelemaan luonnontieteitä on vähentynyt jopa siinä määrin, että Euroopassa on jouduttu lakkauttamaan kemian laitoksia (Curtis (2008), Sjøberg & Schreiner (2006), Osborne (2003), Black & Atkin (1996)). Suomessa ei vielä ole jouduttu näin radikaaleihin toimiin. Yhtenä tekijänä mielenkiinnon laskuun on pidetty kemian huonoa imagoa. Kemia liitetään usein myrkkyyhin, saasteisiin ja ympäristökatastrofeihin (Evans 2006). Tällainen voi vaikuttaa negatiivisten mielikuvien muodostumiseen kemiasta. Suomessa nuoria on yritetty innostaa luonnontieteiden opiskeluun lisäämällä kokeellisuutta ja arkipäivän ilmiöiden ymmärtämistä kouluopetukseen jo alaluokilta alkaen (Aksela & Karjalainen 2008).

Yliopistokoulutuksen haasteena pidetään kansallisesti opiskelijoiden pitkiä valmistumisaikoja ja opintojen keskeyttämistä, niin myös luonnontieteissä. Yliopistoon hakeneiden opiskelijoiden määrän perusteella kemian yliopistokoulutus on viime vuosina säilyttänyt kiinnostavuutensa muihin luonnontieteisiin verrattuna hiukan paremmin. Helsingin yliopiston kemian laitos on maamme suurin ja koulutukseltaan laaja-alaisin kemian yliopistokoulutusta antava yksikkö. Sisäänpääsykiintiö kemian koulutusohjelmassa on ollut jo pitkään 150 ja se vahvistetaan vuosittain (Valintatilastot 2006, 2007 ja 2008).

Yliopistojen kemian koulutusohjelmien opiskelijavalinnassa painotetaan hyvää menestystä kemian ylioppilaskirjoituksissa. Keväällä 2006 otettiin käyttöön uudistetut ylioppilastutkinnon reaaliaineiden kokeet, jossa vanha reaalikoe jaettiin yksittäisiin reaaliaineiden kokeisiin. Reaaliaineille haluttiin näin antaa tutkinnossa yhtä suuri painoarvo, kuin niillä on opetussuunnitelman perusteissa. Yksittäisten kokeiden katsottiin mittaavan paremmin kunkin aineen syvällistä hallintaa ja siihen liittyvää kypsyysyttä (Ylioppilastutkintolautakunta 2007). Käytännössä kemiaa pääsevät opiskelemaan suoraan ne opiskelijat, jotka ovat saaneet kemian ainereaalista vähintään arvosanan *eximia cum laude approbatur*. Myös Matemaattisten Aineiden Opettajien Liiton (MAOL) järjestämien kansallisten lukion avoimen sarjan kemian kilpailuiden kymmenen parasta oppilasta sekä kansainvälisissä kemian olympialaisissa hyvin menestyneet oppilaat ovat oikeutettuja opiskelupaikkaan. Vuosien 2006-2008 hakijamäärät ja opiskelupaikan vastaanottaneiden määrät on koottu taulukkoon 1.

Taulukko 1. Opiskelupaikkaa hakeneiden ja sen vastaanottaneiden sekä kyselyyn vastanneiden opiskelijoiden lukumäärä.

	2006 (lkm)	2007 (lkm)	2008 (lkm)
Hakijat			
Otti opiskelupaikan vastaan	710	636	563
1. kemiassa	140	150	136
2. kemian aineenopettajan koulutuksessa	12	11	7
Kyselyyn vastanneita (%-osuus)	144 (94,7 %)	142 (88,2 %)	95 (66,4 %)
- heistä kemiaan suuntautuneita (%-osuus)	70 (48,6 %)	63 (44,4 %)	34 (35,8 %)

Helsingin yliopistoon kemiaa opiskelemaan hakeneista yli 50 % osallistuu yleensä pääsykokeisiin ja myös hyväksymiskirje lähetetään yli 50 %:lle hakeneista. Heistä n. 40 % ottaa vastaan opiskelupaikan (Valintatilastot 2006, 2007 ja 2008). Helppo sisäänpääsy yliopisto-opintoihin ei kuitenkaan yksinään motivoi opiskelijoita opiskelemaan. Kemiassa, kuten matemaattis-luonnontieteellisen tiedekunnan muissakin oppiaineissa, merkittävä osa opiskelijoista ei saa tutkintoaan valmiiksi tavoiteajassa tai vaihtaa kokonaan opiskelupaikkaa. Kemian laitokselta valmistuu vuosittain keskimäärin 55 opiskelijaa, mikä on vain 37 % sisäänottokiintiöstä. Matemaattis-luonnontieteellisen tiedekunnan roolina on vuosikausia ollut toimia opiskelijoille valmentautumispaikkana etenkin lääketieteelliseen tiedekuntaan. Helsingin yliopiston tekemän selvityksen mukaan Matemaattis-luonnontieteellisessä tiedekunnassa on Helsingin yliopistossa toiseksi eniten sellaisia opiskelijoita (30 %), joilla on useampi opinto-oikeus. Kaikista Helsingin yliopiston opiskelijoista useampi opiskeluoikeus on 11 %:lla opiskelijoista (Tutkinnonsuoritusoikeudet 2008). Edellisessä Helsingin yliopiston kansainvälisessä koulutuksen arvioinnissa koulutuksen johtamista arvioinut paneeli kiinnitti tähän asian huomiota loppuraportissaan ja kehotti tiedekuntaa etsimään keinoja kääntää tämä rooli jatkossa tiedekunnan vahvuudeksi (Saarinen & Frimodig 2008, 326).

Näiden tilastolukujen taustalla olevia syitä ja niihin vaikuttavia tekijöitä ei kuitenkaan ole tutkittu tarkemmin. Yhtenä tekijänä voidaan pitää nuorten mielikuvia eri ammateista ja tieteenaloista. Nieminen (2004) selvitti Kemian opettajankoulutusyksikön pro gradu-tutkielmassaan kyselytutkimuksen avulla Helsingin yliopiston kemian laitoksen ensimmäisen vuosikurssin kemian opiskelijoiden kemiakuvaa, asenteita kemiaa kohtaan ja

opiskelumotivaatiota. Tutkimukseen osallistuivat syksyllä 2002 opintonsa aloittaneet opiskelijat ja sen avulla koetettiin selvittää kemian opiskelijoiden tekemiä valintoja sekä käsityksiä kemiasta ja löytää keinoja tukea paremmin kemian opiskelua. Niemisen mukaan, opiskelijoiden kemiakuvaan vaikuttavat tietopohja, kokemukset kemiasta, sitoutuminen opintoihin, opetuksen laatu, opiskeluilmapiiri, opiskelijan lähipiiri, opintojen haasteellisuus, monipuolisuus ja vastaavuus ennakkokäsityksiin sekä mielenkiinto opiskeltavaan aiheeseen. Tärkeimmäksi syyksi kemian valitsemiseen opiskeluaineeksi nousi kemian mielenkiintoisuus oppiaineena. Lääketieteelliseen ja eläinlääketieteelliseen tiedekuntaan pyrkineillä opiskelijoilla valmentautumisen tarve oli toiseksi tärkein syy tulla opiskelemaan kemiaa. Eläinlääketieteelliseen tiedekuntaan pyrkivät opiskelijat mainitsivat lisäksi kiinnostuksen ympäristöasioihin ohjaavan kemian opiskeluun. (Nieminen 2004)

Nyt esiteltävä tutkimus on jatkoa Niemisen aloittamalle seurannalle ja osa Helsingin yliopiston kemian laitoksen pitkäaikaista opetuksen kehittämistyötä. Kysymyslomakkeena käytettiin Niemisen käyttämää lomaketta (liite 1). Prosser ja Trigwell ovat osoittaneet tutkimuksissaan, että mielikuvat ja ennakkokäsitykset muokkaavat vahvasti kiinnostuksemme kohteita, motivaatiota ja oppimista (Prosser & Trigwell 1999, 24). Opiskelijan ennakkotiedolla on myös tutkitusti merkitystä opiskelijan opiskelumenestykseen (Hailikari & Nevgi & Lindblom-Ylänne 2007 ja Hailikari & Katajavuori & Lindblom-Ylänne 2008). Kemiaa opiskelemaan tulevat opiskelijat eivät aloita opintojaan tyhjästä, vaan heillä on koulu- ja lukio-opetuksen pohjalta kohtuullisen laajat kemian perustiedot sekä mielikuva kemiasta oppiaineena. Luonnontieteissä oppimisen perusajatuksena on kumulatiivinen tiedon rakentaminen ja siten näiden mielikuvien ja ennakkokäsityksien ymmärtämisellä on tärkeä merkitys myös yliopisto-opetuksen markkinointiin ja suunnitteluun.

2. Tutkimus

2.1 Tutkimusmenetelmä ja kohderyhmä

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan ensimmäisen vuosikurssin kemian opiskelijoiden kemiakuvaa ja niitä seikkoja, jotka vaikuttavat niiden muodostumiseen. Kemiakuvalla tarkoitetaan tässä tutkimuksessa opiskelijoiden mielikuvia kemian opiskelusta. Tutkimus toteutettiin survey –menetelmällä ja sen kohderyhmänä olivat Helsingin yliopiston ensimmäisen vuosikurssin kemian opiskelijat vuosina 2006–2008. Kyselyn vastausprosentti oli 66-95% (taulukko 1).

Opiskelijoille jaettiin ensimmäisen viikon luennolla kyselylomakkeet, joissa oli yhteensä 20 erilaista monivalintakysymystä. Kysymykset oli jaoteltu 1) taustatietoon, 2) motivaatioon ja 3) kemian opiskeluun ja tavoitteisiin (liite 1). Tässä artikkelissa keskitytään tarkastelemaan opiskelijoiden motivaatiota yliopisto-opintojen alussa. Pääosa kysymyksistä oli monivalintatehtäviä, joihin opiskelijat vastasivat joko rastittamalla tai numeroimalla tärkeysjärjestyksessä (1–5). Lomakkeet palautettiin nimettöminä luennon jälkeen ja vastaaminen oli vapaaehtoista. Opiskelijoiden vastauksia on analysoitu kysymyksittäin.

2.2 Tutkimustulokset

2.2.1 Taustatietoa opiskelijoista

Kemiaan suuntautuneita opiskelijoita eli sellaisia, joiden tavoitteena on saada korkeakoulututkinto kemia pääaineenaan, oli vuonna 2006 49 %, mutta heidän osuutensa laski vuoteen 2008 mennessä 36 %:iin (taulukko 1). Naisia kaikista aloittaneista oli: 72 % (2006), 63 % (2007) ja 63 % (2008). Sukupuolierot tasoittuvat selvästi, kun tarkastellaan vain kemiaa opiskelemaan jäävät: tällöin naisia ja miehiä oli vuosittain keskimäärin yhtä paljon.

Lähes kaikilla vastaajista (99–100 %:lla) oli suoritettuna ylioppilastutkinto. Vuosittain vähän reilulla 10 %:lla aloittaneista oli pohjana myös ammattitutkinto tai muu korkeakoulututkinto. Lukiokoulutuksen suorittaneista suurin osa oli suorittanut lukiossa viisi kemian kurssia. Ne opiskelijat, jotka olivat suuntautuneet kemian opiskeluun, olivat suorittaneet lukion kemian kursseja suhteessa enemmän kuin kaikki opiskelijat keskimäärin (seitsemän tai sitä enemmän). Pääkaupunkiseudun lukioista selvästi eniten opiskelijoita tuli lukemaan kemiaa Helsingin luonnontiedelukioista (26) ja Ressun lukioista (29).

Aiempia lukion kemian opintoja tiedusteltiin kysymyksellä: ”rastita ne asiat, jotka kuvaavat parhaiten opintojasi”. Opiskelijoiden valinnat painoutuivat seuraaviin vaihtoehtoihin: innostava ja motivoiva opettaja, monipuolista, motivoivaa, helposti ymmärrettävää, vähän laboratorioharjoituksia, oppikirjasidonnaista, pääosin teoriaa (taulukot 2 ja 3). Kemiaan suuntautuneilla opiskelijoilla oli ollut koulussa enemmän laboratorioharjoituksia, motivoivampaa opiskelua, innostavampi ja motivoivampi opettaja sekä vähemmän teoreettista ja oppikirjasidonnaista opiskelua kuin kaikilla opiskelijoilla keskimäärin.

Taulukko 2. Kaikkien kyselyyn vastanneiden opiskelijoiden kokemus aiemmista opinnoista.

	2006 (%)	2007 (%)	2008 (%)
Innostava ja motivoiva opettaja	56,9	56,3	52,6
Monipuolista	54,2	50,0	50,5
Oppikirjasidonnaista	50,7	50,0	56,8
Motivoivaa	50,0	50,7	58,9
Vähän laboratorioharjoituksia	48,6	55,6	54,7
Helposti ymmärrettävää	46,5	41,5	54,7
Pääosin teoriaa	44,4	47,9	55,8
Paljon laboratorioharjoituksia	32,6	27,5	26,3
Ei projektitöitä	29,2	26,8	30,5
Vierailuja kemian alan yrityksiin tai yliopistolle	25,7	19,7	28,4
Itsenäistä opiskelua	25,7	39,4	29,5
Luennointia	19,4	23,2	22,1
Paljon projektitöitä	16,7	8,5	9,5
Yksipuolista	13,9	13,4	11,6
Vaikeasti ymmärrettävää	9,7	9,9	4,2
Ei motivoivaa	6,9	7,7	4,2
Paljon yhteistyötä yritysten ym. kanssa	1,4	1,4	3,2

Taulukko 3. Kemiaan suuntautuneiden opiskelijoiden kokemus aiemmista opinnoista.

	2006 (%)	2007 (%)	2008 (%)
Innostava ja motivoiva opettaja	67,1	61,9	61,8
Monipuolista	61,4	57,1	55,9
Motivoivaa	55,7	71,4	67,6
Helposti ymmärrettävää	54,3	46,0	55,9
Vähän laboratorioharjoituksia	44,3	47,6	41,2
Oppikirjasidonnaista	42,9	39,7	47,1
Pääosin teoriaa	37,1	41,3	44,1
Paljon laboratorioharjoituksia	34,3	42,9	47,1
Itsenäistä opiskelua	31,4	44,4	29,4
Vierailuja kemian alan yrityksiin tai yliopistolle	27,1	30,2	32,4
Ei projektitöitä	24,3	22,2	29,4
Luennointia	21,4	27,0	26,5
Paljon projektitöitä	14,3	9,5	8,8
Yksipuolista	8,6	11,1	14,7
Vaikeasti ymmärrettävää	7,1	7,9	0,0
Ei motivoivaa	4,3	7,9	2,9
Paljon yhteistyötä yritysten ym. kanssa	1,4	3,2	8,8

Noin puolet kemian koulutusohjelmaan valituista opiskelijoista osallistui pääsykokeeseen. Heidän määränsä kuitenkin väheni vuodesta 2006 vuoteen 2008 yli kymmenen prosenttia. Kun kysyttiin kiinnostusta aineenopettajan suuntautumisvaihtoehtoon, noin puolet kaikista opiskelijoista ilmoitti, ettei ollut kiinnostunut siitä ja noin kolmasosa vielä harkitsi asiaa. Kemiaan suuntautuneista opiskelijoista hieman suurempi osa oli kiinnostunut myös aineenopettajan työstä kuin kaikista opiskelijoista yhteensä. Tämä johtunee siitä, että muualle jatkossa opiskelemaan hakevat kokevat ilmeisesti hyötyvänsä enemmän kemian opinnoista kuin opettajaopinnoista. Aineenopettajan vaihtoehto on kuitenkin kasvattanut suosiotaan selkeästi vuodesta 2006 vuoteen 2008: vuonna 2006 kemiaan suuntautuneista opiskelijoista siitä oli kiinnostunut 10 %, vuonna 2007 18 % ja vuonna 2008 24 %. Myös kemiaa lukemaan jäävien keskuudessa kemian opettajan linjan suosio kasvoi: vuonna 2006 linjan valitsi 8 %, 2007 14 % ja 2008 18 % vastanneista.

2.2.2 Tärkeimmät pää- ja sivuainevaihtoehdot

Lääketieteen kiinnostavuus on kasvanut ja kemian pienentynyt kemian opiskelijoiden tärkeimpänä pääainevaihtoehtona vuodesta 2006 vuoteen 2008 (taulukko 4). Tämä voidaan tulkita myös niin, että lääketiedettä lukemaan pyrkineiden mutta sinne ei päässeiden määrä on kasvanut. Kemiaan suuntautuneiden opiskelijoiden tärkein pääainevaihtoehto oli kemia, seuraavana tuli lääketiede (2006: 19 %; 2007: 13 %; 2008: 9 %).

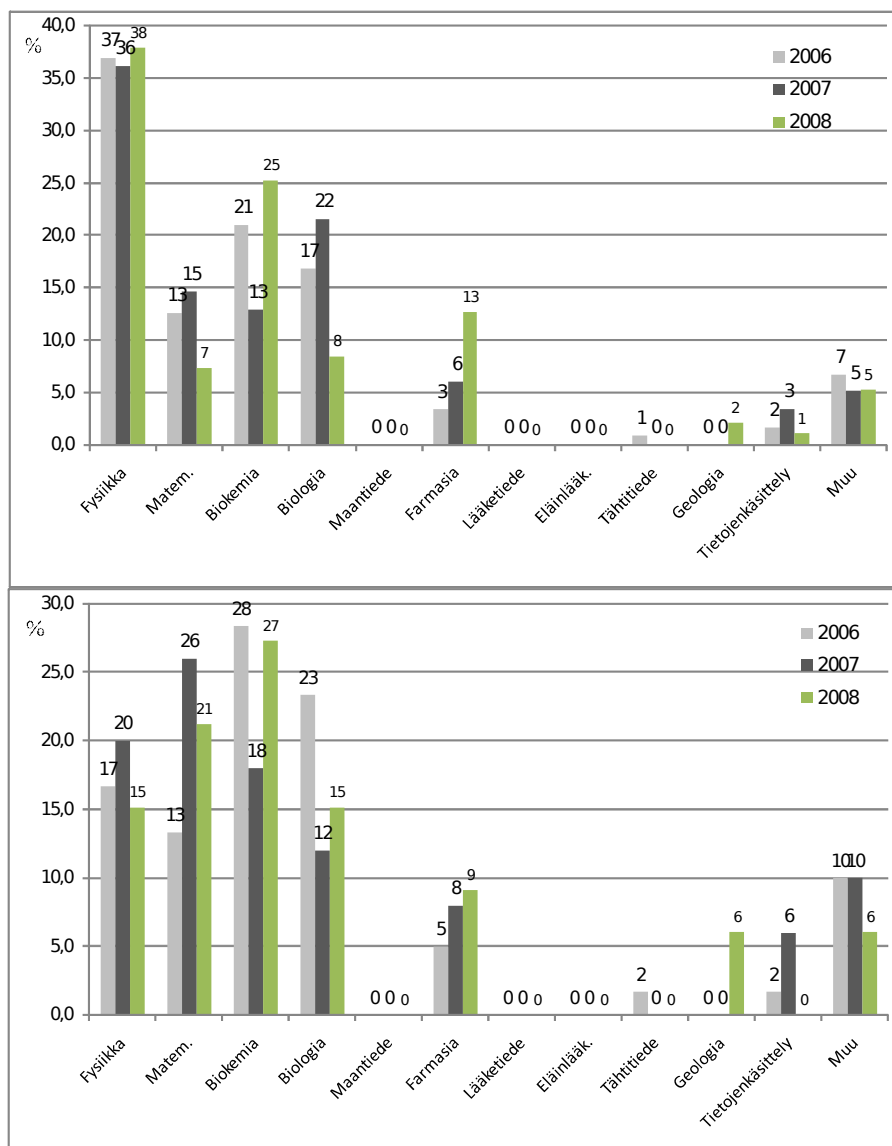
Taulukko 4. Opiskelijoiden tärkeimmät pääainevaihtoehdot.

	2006 (%)	2007 (%)	2008 (%)
Lääketiede	45,5	45,8	58,9
Kemia	42,7	38,0	32,6
Eläinlääketiede	2,1	5,6	4,2
Farmasia	2,8	0,7	0,0
Biokemia	2,1	2,1	1,1
Biologia	0,7	0,7	1,1
Geologia	1,4	0,0	0,0
Matematiikka	0,7	0,0	1,1
Fysiikka	0,0	0,7	0,0
Maantiede	0,0	0,0	0,0
Tietojenkäsittelytiede	0,0	0,0	0,0
Tähtitiede	0,0	0,0	0,0
Jokin muu	2,1	6,3	1,1

Kun kysyttiin toiseksi tärkeintä pääainevaihtoehtoa, ensimmäisenä oli selvästi kemia (2006: 65 %; 2007: 60 %; 2008: 74 %). Kemiaan suuntautuneiden toiseksi tärkein pääainevaihtoehto jakautui selvästi tasaisemmin: kemia oli edelleen ensimmäisenä (2006: 30 %; 2007: 30 %; 2008: 35 %) mutta myös matematiikka (2006: 12 %; 2007: 30 %; 2008: 6 %), fysiikka (2006: 12 %; 2007: 11 %; 2008: 18 %) ja biokemia (2006: 16 %; 2007: 11 %; 2008: 6 %) saivat kannatusta.

Kaikkien opiskelijoiden kolmanneksi tärkein pääainevaihtoehto jakautui entistä tasaisemmin: kärjessä oli fysiikka parilla kymmenellä prosentilla; matematiikka, kemia, biokemia ja biologia seurasivat (10 –20 % vuosittain). Kemiaan suuntautuneille näistä tärkein oli matematiikka (2006: 15 %; 2007: 22 %; 2008: 29 %), ja seuraavina tulivat vajaan 15 %:n kannatuksilla farmasia, biologia, biokemia ja fysiikka. Vuosittainen vaihtelu oli runsasta.

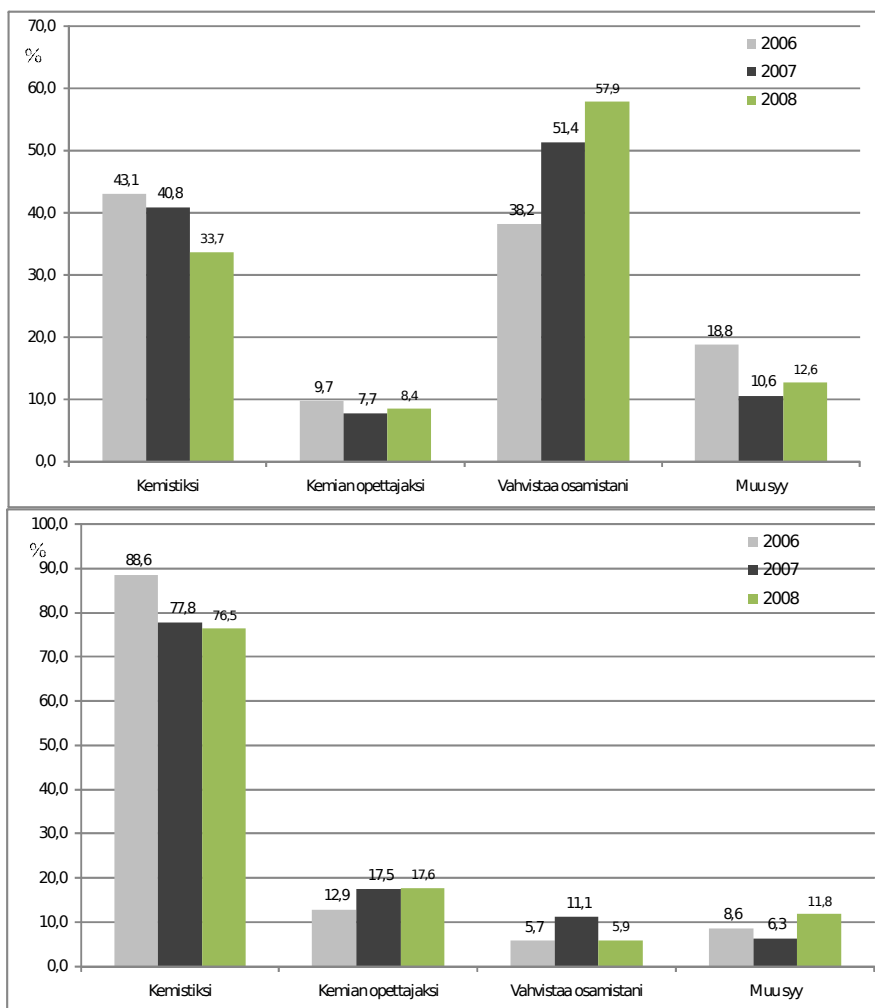
Tärkein sivuainevaihtoehto oli kaikkien kyselyyn vastanneiden opiskelijoiden keskuudessa selkeästi fysiikka 36–38% (kuva 1). Kemiaan suuntautuneilla opiskelijoilla biokemia, matematiikka, fysiikka ja biologia jakaantuivat tasaisemmin. Fysiikan osuutta kaikkien opiskelijoiden joukossa nostanee sen tärkeys lääketieteellisen tiedekunnan pääsykokeessa. Kaikkien opiskelijoiden toiseksi ja kolmanneksi tärkein sivuaine jakaantui tasaisemmin kuin tärkein: kärjessä olivat biologia, biokemia, fysiikka, matematiikka ja farmasia.



Kuva 1. Tärkeimmät sivuainevaihtoehdot. Ylemmässä kuvassa kaikki vastanneet ja alemmassa kemiaan suuntautuneet opiskelijat.

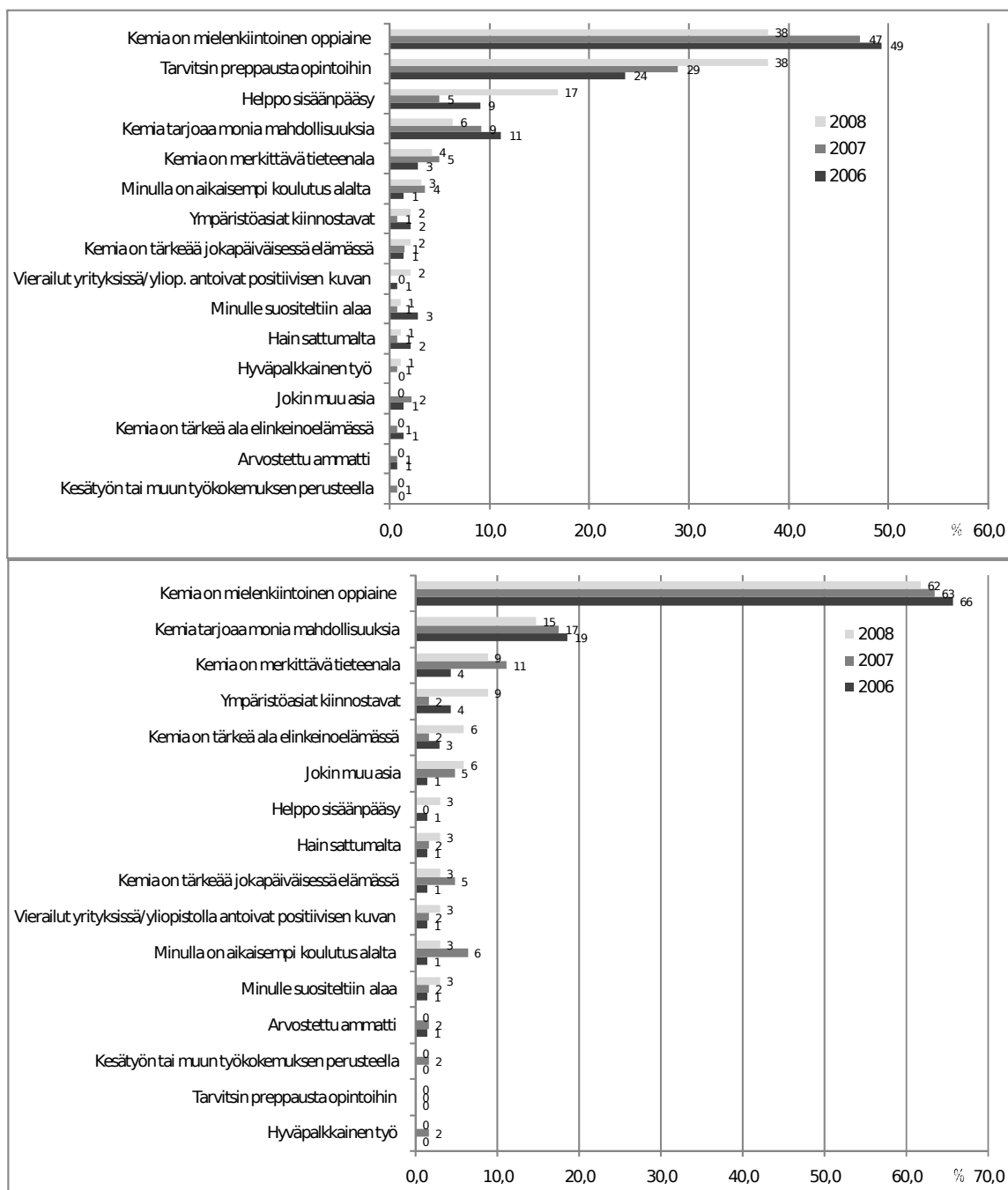
2.2.3 Syyt kemian valintaan pääaineeksi

Suurin osa kaikista opiskelijoista tuli lukemaan kemiaa vahvistaakseen osaamistaan (kuva 2). Vastauksista havaitaan, että osaamistaan vahvistavien osuus kasvoi ja kemistiksi haluavien väheni selkeästi vuodesta 2006 vuoteen 2008. Kemiaan suuntautuneista valtaosa ilmoitti haluavansa kemisteiksi ja noin 15 % kemian opettajiksi.



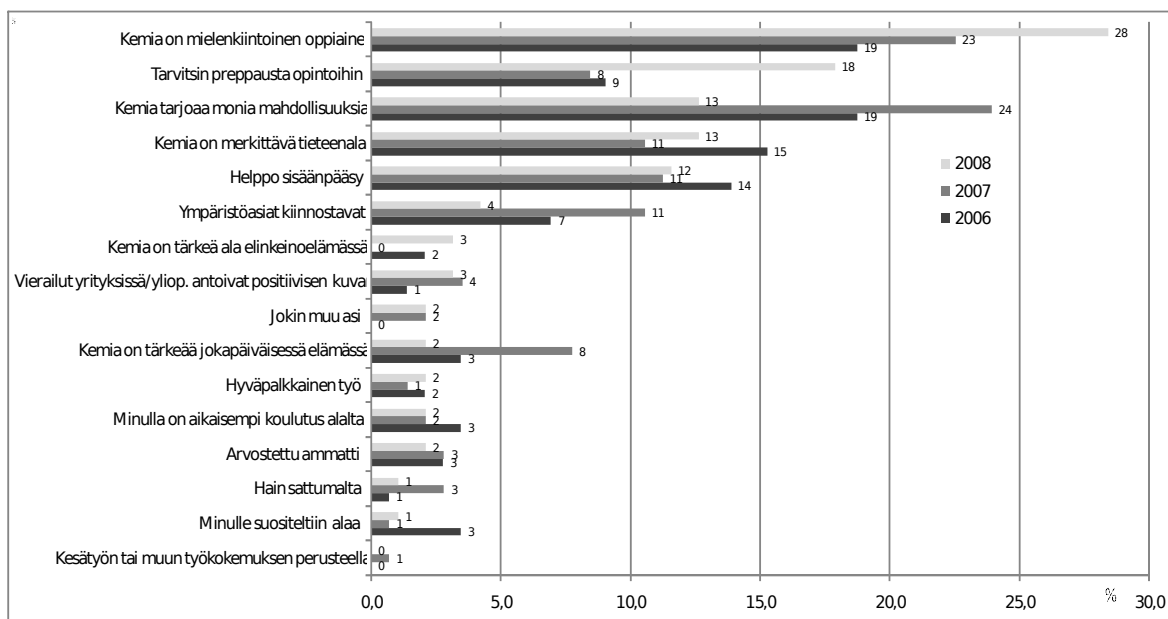
Kuva 2. Opiskelen kemiaa, koska aion... (ylemmässä kuvassa kaikki opiskelijat ja alemmassa kemiaan suuntautuneet opiskelijat).

Kemia valittiin pääaineeksi ensisijaisesti, koska se on mielenkiintoista ja koska halutaan valmentautumista pääasiassa lääketieteelliseen tiedekuntaan pyrkimistä varten (kuva 3). Useat pääsevät lukemaan kemiaa ilman pääsykoetta ylioppilaskirjoitusten tulosten perusteella, mikä lisää kemian opiskelun suosiota valmistauduttaessa lääketieteellisen tiedekunnan pääsykokeisiin. Kemiaan suuntautuneet opiskelijat valitsivat kemian ensisijaisesti mielenkiinnon takia, mutta myös kemian mahdollisuuksien määrä nousi esille.



Kuva 3. Miksi valitsin kemian pääaineekseni ensisijaisesti (ylemmässä kaaviossa kaikki vastanneet, alemmassa kemiaan suuntautuneet opiskelijat).

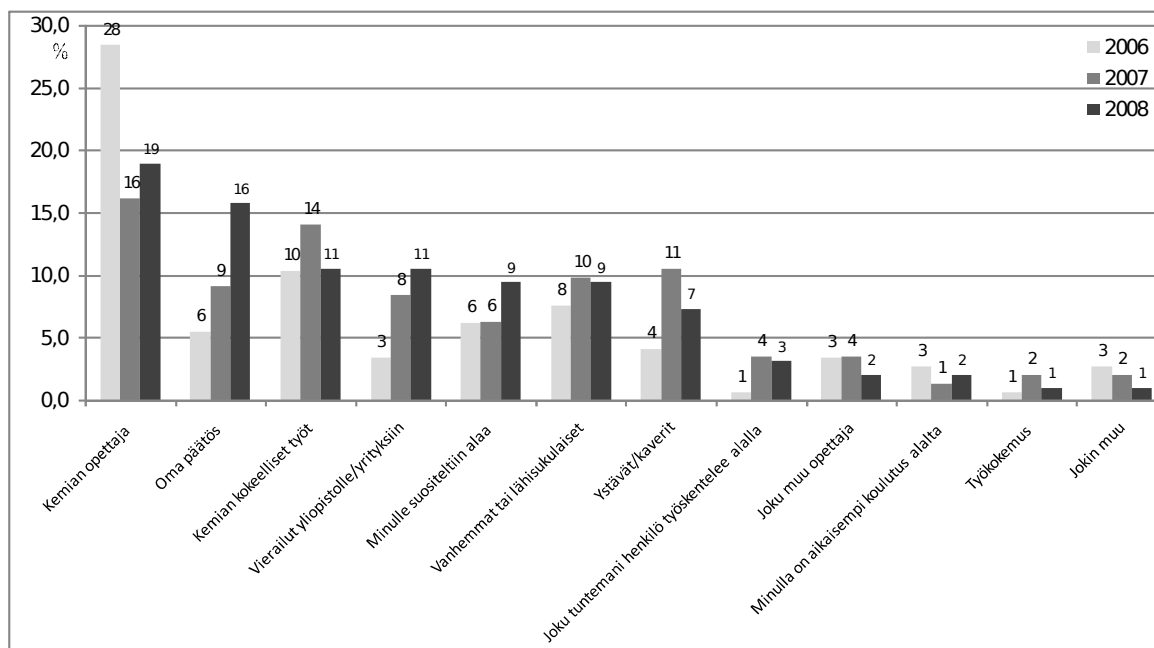
Kun kysyttiin toiseksi tärkeintä syytä valita kemia pääaineeksi, valinnat jakautuivat tasaisemmin: kaikkien opiskelijoiden keskuudessa nousivat esille edellä mainittujen lisäksi merkittävyys tieteenalana, helppo sisäänpääsy ja ympäristöasiat (kuva 4). Kemian suuntautuneiden opiskelijoiden mielipiteet olivat samankaltaisia. Kysyttäessä kolmanneksi tärkeintä syytä valita kemia pääaineeksi kaikkien ja kemian suuntautuneiden opiskelijoiden valinnat jakautuivat entistä tasaisemmin. Kemian suuntautuneet painottivat keskimäärin enemmän kemian merkitystä ja ammatin arvostusta kuin kaikki kyselyyn vastanneet yhteensä.



Kuva 4. Miksi valitsin kemian pääaineekseni, toiseksi tärkein syy (kaikki opiskelijat).

2.2.4 Valintaan vaikuttavat tekijät

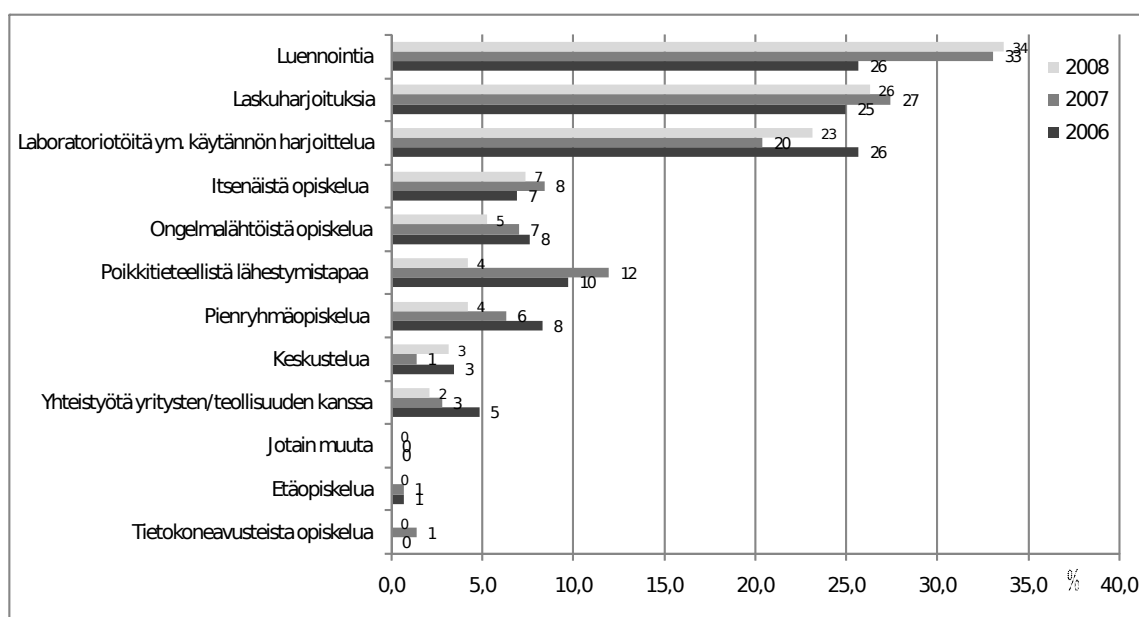
Ensisijaisesti opiskelijat hakeutuvat opiskelemaan kemiaa omasta halustaan (2006: 74 %; 2007: 74 %; 2008: 68 %). Huomioitavaa on, että vastausten perusteella myös kemian opettajalla oli merkitystä (2006: 12 %; 2007: 11 %; 2008: 11 %). Muut vaihtoehdot jäivät selvästi alle 10 %:n. Toiseksi tärkeimpänä valintaan vaikuttavana seikkana pidettiin kemian opettajaa. Myös kemian kokeellisilla töillä, vierailuilla yliopistoon ja yrityksiin, vanhemmilla ja lähisukulaissilla sekä ystävillä oli vaikutusta valintapäätökseen (kuva 5). Kemiaan suuntautuneiden ja kaikkien opiskelijoiden tulokset olivat hyvin samantyyppisiä. Kemiaan suuntautuneille opiskelijoille kemian kokeelliset työt olivat tärkeämmässä asemassa kuin kaikilla opiskelijoilla keskimäärin. Voidaan pohtia, onko "oma päätös" hyvä kysymysvaihtoehto, koska loppujen lopuksi valinta on aina opiskelijan oma. Vastausjakauma olisi varmastikin erilainen, jos tätä vaihtoehtoa ei olisi ollut.

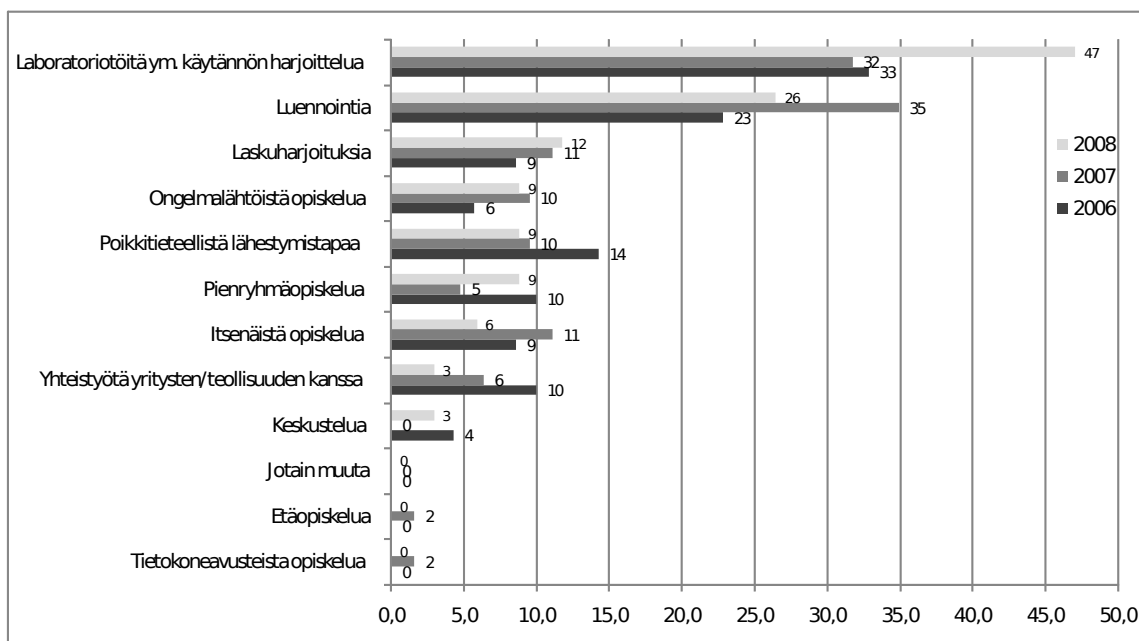


Kuva 5. Kuka tai mikä vaikutti toiseksi eniten pääainevalintaan (kaikki opiskelijat).

2.2.5 Toiveet kemian opiskelusta

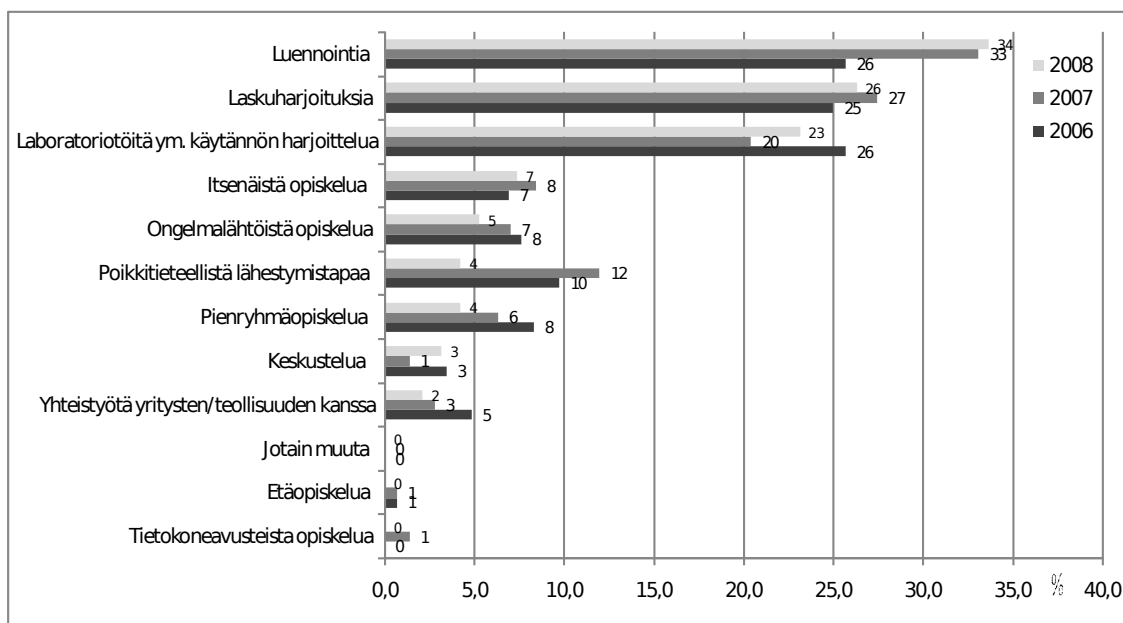
Tutkimuksessa haluttiin myös selvittää opiskelijoiden mielikuvia ja odotuksia kemian opiskelusta yliopistossa. Opiskelumuuotoina kaikki opiskelijat toivoivat eniten luentoja, laskuharjoituksia ja laboratoriotöitä, kun taas kemiaan suuntautuneet toivoivat enemmän laboratoriotöitä ja vähemmän laskuharjoituksia kuin kaikki opiskelijat keskimäärin (kuva 6). Tähän vaikuttanee se, että muualle hakeutuvat opiskelijat katsovat laskuharjoituksista olevan hyötyä pääsykokeisiin valmentautumisessa ja laboratoriotyöt koetaan niissä hyödyttömiksi. Sen sijaan kemiaan suuntautunut opiskelija pitää kokeellisia laboratoriotöitä mielenkiintoisina ja hyödyllisinä.





Kuva 6. Mitä toivoisit kemian opiskelussa eniten? Edellisen sivun alaosassa on esitetty kaikkien opiskelijoiden vastaukset ja tämän sivun yläosassa kemiaan suuntautuneiden opiskelijoiden vastaukset.

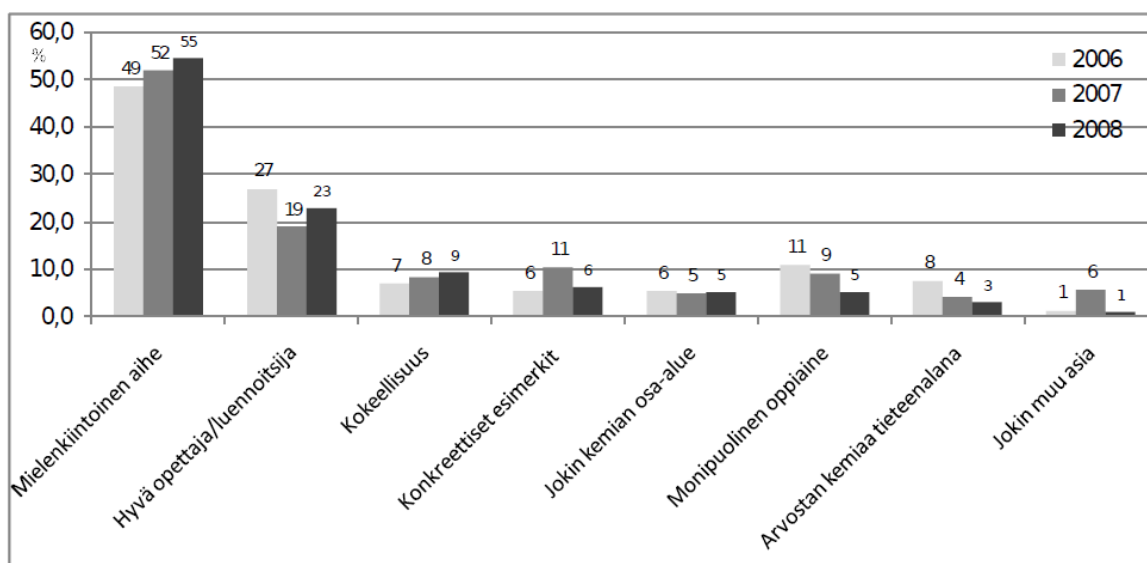
Kun kysyttiin, mitä toivottiin kemian opiskelulta toiseksi eniten, mielipiteet jakautuivat tasaisemmin: myös itsenäinen opiskelu, keskustelu, pienryhmäopiskelu, ongelmalähtöinen opiskelu ja poikkitieteellinen lähestymistapa saivat kannatusta kaikkien opiskelijoiden keskuudessa. Kemiaan suuntautuneiden opiskelijat painottivat tässä yhteydessä myös laskuharjoituksia. Vähiten toivottiin etäopiskelua ja tietokoneavusteista opiskelua (kuva 7). Tietokoneavusteisen opetuksen epämieluisuuteen vaikuttanee ilmeisesti se, että opetusmuotoa ei vielä tunneta kunnolla ja se koetaan vieraaksi ja etäiseksi. Toisaalta kemian oppimiseen kuuluu keskeisesti ilmiöiden havainnointi kokeellisesti.



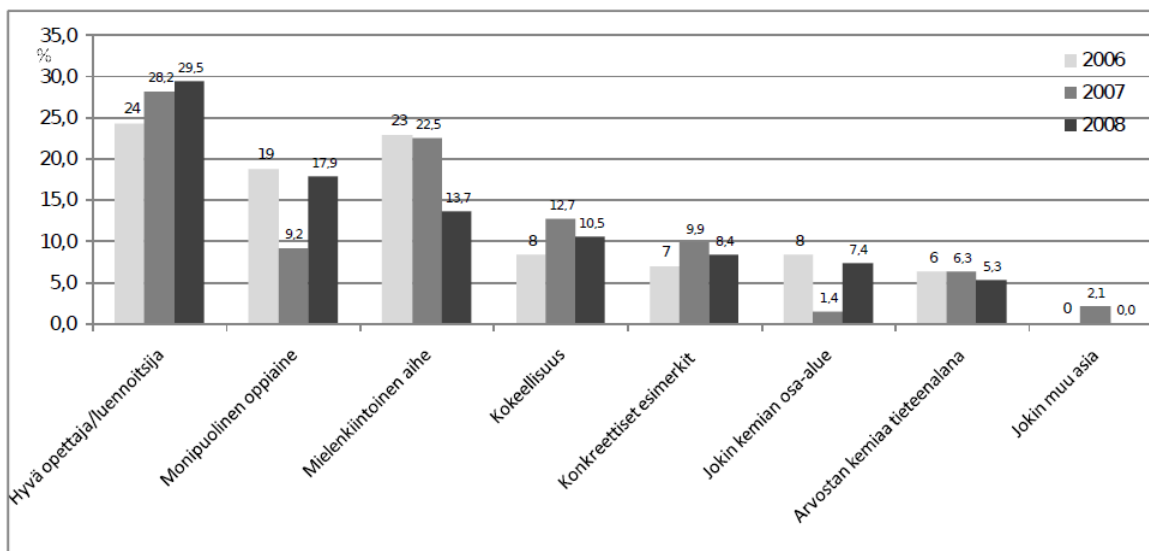
Kuva 7. Mitä toivoisit kemian opiskelussa vähiten (kaikki opiskelijat)?

2.2.6 Kemian opiskeluun motivoivat tekijät

Selvästi eniten kaikkia opiskelijoita opiskelussa motivoi mielenkiintoinen aihe; sitten tulivat hyvä opettaja ja kokeellisuus (kuva 8). Kun kysyttiin toiseksi tärkeintä motivaation kriteeriä, konkreettiset esimerkit ja oppiaineen monipuolisuus nousivat esille mielenkiintoisen aiheen, hyvän opettajan ja kokeellisuuden lisäksi (kuva 9). Kemiaan suuntautuneiden opiskelijoiden vastausten jakautumisprofiili oli samankaltainen kuin kaikkien opiskelijoiden. Kysyttäessä kolmanneksi tärkeintä seikkaa, joka motivoi kemian opiskelussa, vastaukset jakaantuivat entistä tasaisemmin.



Kuva 8. Mikä motivoi sinua eniten kemian opiskelussa (kaikki opiskelijat)?



Kuva 9. Mikä motivoi sinua toiseksi eniten kemian opiskelussa (kaikki opiskelijat)?

3. Johtopäätökset ja pohdinta

Opiskelijan kemiakuvan syntyminen alkaa ennen yliopisto-opiskelua ja siihen vaikuttaa merkittävästi sekä perusasteen että lukion luonnontieteiden opetus. Tutkimukseen osallistuneiden opiskelijoiden mukaan lukion opettajan motivaatio ja innostavuus sekä opetuksen kokeellisuus ovat seikkoja, jotka vaikuttavat ensisijaisesti myönteisen kemiakuvan syntymiseen ja sitä kautta opiskelupaikan valintaan.

Pääsääntöisesti opiskelijat tulevat yliopistoon lukemaan kemiaa vahvistaakseen omaa osaamistaan. Tämä ilmeni sekä kemiaan suuntautuneiden opiskelijoiden että niiden opiskelijoiden vastauksista, jotka ilmoittivat ensisijaiseksi tavoitteekseen opiskelun lääketieteellisessä tiedekunnassa. Kemia valitaan pääaineeksi osittain myös siksi, että matemaattisesti ja luonnontieteellisesti lahjakkaiden opiskelijoiden on suhteellisen helppo päästä opiskelemaan Kemian laitokselle. Vain noin puolet kemiaa lukemaan päässeistä osallistui pääsykokeeseen ja käytännössä heidät olisi valittu opiskelijoiksi pelkän ylioppilaskirjoitusten reaalikokeen arvosanan perusteella.

Tutkimuksessa ilmeni myös, että ensimmäisen opiskeluvuoden jälkeen tieteenalan vaihtoa suunnittelevien opiskelijoiden määrä on kasvanut vuodesta 2006 vuoteen 2008. Tämä ei ole myönteistä kehitystä Kemian laitoksen kannalta. Toisaalta voidaan ajatella, että kemiaa voidaan soveltaa monella eri tieteenalalla ja siten laitoksella on kemistien koulutuksen lisäksi myös yhteiskunnallisesti tärkeä rooli vahvistaa nuorten kemian osaamista muilla siihen läheisesti liittyvillä tieteenaloilla.

Opiskelijat pitävät kemiaa mielenkiintoisena oppiaineena, joka tarjoaa paljon mahdollisuuksia ja on helposti ymmärrettävää. Mielenkiintoa ja motivaatiota pitävät yllä ja kasvattavat kiinnostava aihe, hyvä opetus ja opiskelun kokeellisuus. Tutkimustulosten mukaan kokeellisten työmenetelmien kehittämällä ja niihin panostamalla jo lukio-opetuksessa voidaan herättää opiskelijoiden mielenkiinto riittävän aikaisin ja näin vaikuttaa ensisijaisen opiskelupaikan valintaan. Oppikirjapainotteinen teoreettinen kemian opetus ei tarjoa kunnollista kilpailukykyä muihin oppiaineisiin verrattuna.

Tämä tutkimus on osa kemian laitoksen pitkäaikaistutkimusta uusien opiskelijoiden kemian mielikuvista ja opiskelua motivoivista tekijöistä. Tutkimus antoi hyödyllistä tietoa siitä, mihin suuntaan kemian opetusta tulisi kehittää ja mitä seikkoja opiskelijat arvostavat opetuksessa. Näitä tuloksia hyödynnetään paitsi Kemian laitoksen omassa opetuksenkehittämistyössä, myös laitoksen tarjoamassa opettajankoulutuksessa ja täydennyskoulutuksessa.

Lähteet

Aksela, M., & Karjalainen, V. (Toim.) (2008). *Kemian opetus tänään: Nykytila ja haasteet Suomessa*. Kemian opetuksen keskus, Kemian laitos, Helsingin yliopisto, Yliopistopaino.

Black, P., & Atkin, J.M. (Toim.) (1996). *Changing the subject: Innovations in science, mathematics and technology education*. London, Routledge in association with OECD.

- Curtis, P. (2008). Student interest in science and languages revives. Luettavissa <http://www.guardian.co.uk/education/2008/oct/21/chemistry-mathematics>, (tarkistettu 12.11.2009).
- Evans, D. A. (2006). Fear of All Snakes, Spiders, . . . and Chemicals, *Chemistry International*, 28, 12-14.
- Hailikari T., Nevgi A., & Lindblom-Ylänne S. (2007). Exploring Alternative Ways of Assessing Prior Knowledge, its Components and Their Relation to Student Achievement: A Mathematics Based Case Study. *Studies in Educational Evaluation*, 33, 320-337.
- Hailikari T., Katajavuori N., & Lindblom-Ylänne S. (2008). The Relevance of Prior Knowledge in Learning and Instructional Design. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 72 (5), Article 113.
- Nieminen, M. (2004). Kemiakuva, asenteet ja opiskelumotivaatio ensimmäisen vuoden kemian opiskelijoilla, Pro gradu-tutkielma, Kemian laitos. Luettavissa http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/liitteet/progradu_mnieminen.pdf (tarkistettu 28.8.2009).
- Osborne, J. (2003). Attitude towards science: a review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25, 1049-1079.
- Prosser, M., & Trigwell, K. (1999). *Understanding Learning and Teaching. The Experience in Higher Education*. Marston Lindsay Ross International Ltd, London, The Society for Research into Higher Education & Open University Press.
- Saari, S., & Frimodig, M. (2008). *Leadership and Management of Education, Evaluation of Education at the University of Helsinki 2007-2008*. Luettavissa <http://www.helsinki.fi/laatu/arviointi/PDF/Evaluation%20of%20Education%202007-2008.pdf> (tarkistettu 28.8.2009).
- Sjøberg, S., & Schreiner, C. (2005). Students' perceptions of science and technology, *UNESCO International Science, Technology & Environmental Education Newsletter*, 30 (1/2), 3-8.
- Tutkinnonsuoritusoikeudet Helsingin Yliopistossa 2008. Luettavissa https://alma.helsinki.fi/download/2000000093675/tutkinnonsuoritusoikeudet11_2008.pdf (tarkistettu 28.9.2009).
- Valintatilasto 2006. Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta. Luettavissa <http://www.helsinki.fi/ml/valinnat/tilastot/valintatilasto2006.pdf> (tarkistettu 12.11.2009).
- Valintatilasto 2007. Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta. Luettavissa <http://www.helsinki.fi/ml/valinnat/tilastot/valintatilasto2007.pdf> (tarkistettu 12.11.2009).
- Valintatilasto 2008. Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta. Luettavissa <http://www.helsinki.fi/ml/valinnat/tilastot/valintatilasto2008.pdf> (tarkistettu 12.11.2009).
- Ylioppilastutkintolautakunta. (2007) Tilastojulkaisut. Luettavissa http://www.ylioppilastutkinto.fi/fi/files/documents/Tilastot/Ylioppilastutkinto2007_nettiin.pdf (tarkistettu 28.8.2009).

Liite 1 – Kyselylomake

Helsingin yliopisto



Kemian laitos

TUTKIMUS UUSILLE KEMIAN OPISKELIJOILLE

Helsingin yliopiston kemian laitos haluaa kartoittaa uusien opiskelijoidensa taustoja ja motivaatiota kemian opiskelun suhteen. Tarkoituksena on kehittää ja uudistaa kemian opiskelua yliopistossa. Olemme kiitollisia palautteesta, ideoistanne ja toiveista. Ole hyvä ja täytä oheinen kyselylomake huolellisesti. Valitse sopiva vaihtoehto tai vaihtoehdot tai kirjoita vastauksesi sille varattuun tilaan. **Kiitos!**

I TAUSTATIEDOT

1. Sukupuoli: nainen _____ mies _____
2. Aikaisempi koulutus ja suorittamisvuosi: ylioppilas _____ ammattitutkinto _____
jokin muu _____ mikä?
3. Lukion ja/tai oppilaitoksen nimi, josta olen valmistunut _____
4. Osallistuin pääsykokeisiin: Kyllä _____ En _____
5. Suoritettujen kemian kurssien määrä lukiossa: _____
6. Suuntautumisvaihtoehto: kemia _____ kemian opettaja _____
7. Minua kiinnostavat sivuainevaihtoehdot:
1) _____ 2) _____ 3) _____
8. Oletko kiinnostunut kemian aineenopettajan suuntautumisvaihtoehdosta?
Kyllä _____ En _____ Ehkä _____
9. Aikaisempi työkokemus kemian alalta: _____

II MOTIVAATIO JA MIELIKUVAT KEMIESTA

10. Merkitse numeroin 1. ensisijainen, 2. toissijainen...jne. pääainevaihtoehdotasi pyrkiessäsi opiskelemaan.

_____ Kemia	_____ Lääketiede	_____ Maa – ja metsätalous
_____ Fysiikka	_____ Eläinlääketiede	_____ Oikeustiede
_____ Matematiikka	_____ Tähtitiede	_____ Valtiotiede
_____ Biokemia	_____ Geologia	_____ Kasvustiede
_____ Biologia	_____ Tietojenkäsittelytiede	_____ Humanistiset tieteet
_____ Maantiede	_____ Teologia	
_____ Farmasia	_____ Jokin muu (mikä?)	

Helsingin yliopisto



Kemian laitos

11. Opiskelen kemiaa, koska

- ☐ aion kemistiksi
☐ aion kemian opettajaksi
☐ haluan vahvistaa kemian osaamistani: miksi? _____
☐ jokin muu syy _____
 mikä?

12. Miksi valitsit kemian pääaineeksesi? Merkitse 1-5 asteikolla: 1= tärkein kriteeri, 2= toiseksi tärkein kriteeri, 3= kolmanneksi tärkein kriteeri, 4= neljänneksi tärkein kriteeri ja 5= viidenneksi.

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Kemia on mielenkiintoinen oppiaine | <input type="checkbox"/> Ympäristöasiat kiinnostavat |
| <input type="checkbox"/> Arvostettu ammatti | <input type="checkbox"/> Kemia on merkittävä tieteenala |
| <input type="checkbox"/> Minulle suositeltiin alaa | <input type="checkbox"/> Kemia on tärkeää jokapäiväisessä elämässä |
| <input type="checkbox"/> Minulla on aikaisempi koulutus alalta | <input type="checkbox"/> Kesätyön tai muun työkokemuksen perusteella |
| <input type="checkbox"/> Vierailut yrityksissä/yliopistolla antoivat positiivisen kuvan alasta/ammattista | <input type="checkbox"/> Kemia on tärkeä ala elinkeinoelämässä |
| <input type="checkbox"/> Hyväpalkkainen työ | <input type="checkbox"/> Kemia tarjoaa monia mahdollisuuksia |
| | <input type="checkbox"/> Hain sattumalta |
| <input type="checkbox"/> Tarvitsin preppausta(mihin?) opintoihin | <input type="checkbox"/> Helppo sisäänpääsy |
| | <input type="checkbox"/> Jokin muu asia (mikä?) |

13. Kuka tai mikä vaikutti eniten valintaasi? Merkitse 1- 5 asteikolla: 1= tärkein kriteeri, 2= toiseksi tärkein kriteeri, 3= kolmanneksi tärkein kriteeri, 4= neljänneksi.. ja 5= viidenneksi.

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Kemian opettaja | <input type="checkbox"/> Joku muu opettaja |
| <input type="checkbox"/> Joku tuntemani henkilö työskentelee alalla | <input type="checkbox"/> Ystävät/kaverit |
| <input type="checkbox"/> Minulle suositeltiin alaa | <input type="checkbox"/> Vanhemmat tai läheiskulaiset |
| <input type="checkbox"/> Minulla on aikaisempi koulutus alalta | <input type="checkbox"/> Kemian kokeelliset työt |
| <input type="checkbox"/> Työkokemus | <input type="checkbox"/> Vierailut yliopistolle/yrityksiin |
| <input type="checkbox"/> Oma päätös | <input type="checkbox"/> Jokin muu (mikä?) |

14. Mitä toivoisit kemian opetuksessa eniten? Merkitse 1-5 asteikolla: 1= pääasiassa 2=sopivasti 3=hieman 4=satunnaisesti ja 5=mahdollisimman vähän

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Luennointia | <input type="checkbox"/> Ongelmalähtöistä opiskelua |
| <input type="checkbox"/> Laskuharjoituksia | <input type="checkbox"/> Tietokoneavusteista opiskelua |
| <input type="checkbox"/> Laboratoriotöitä ym. käytännön harjoittelua | <input type="checkbox"/> Etäopiskelua |
| <input type="checkbox"/> Keskustelua | |
| <input type="checkbox"/> Itsenäistä opiskelua | <input type="checkbox"/> Jotain muuta (mitä?) |
| <input type="checkbox"/> Pienryhmäopiskelua | |
| <input type="checkbox"/> Yhteistyötä yritysten/teollisuuden kanssa | |
| <input type="checkbox"/> Poikkitieteellistä lähestymistapaa | |

Helsingin yliopisto



Kemian laitos

15. Mikä asia motivoi sinua eniten kemian opiskelussa? Rastita kolme tärkeintä numerojärjestyksessä.

- ☐ Kokeellisuus
☐ Hyvä opettaja/tuenhoitaja
☐ Mielenkiintoinen aihe
☐ Jokin kemian osa-alue, mikä?
☐ Arvostan kemiaa tieteenalana/ammatina tms.
☐ Monipuolinen oppiaine
☐ Konkreettiset esimerkit jokapäiväisestä elämästä/teollisuudesta/tieteen keksintöistä
☐ Jokin muu asia, mikä

III KEMIAN OPISKELU JA TAVOITTEET

A. AIKAISEMMAT OPINNOT

16. Rastita valikosta ne asiat, jotka kuvaavat parhaiten aiempaa kemian opetustasi.

- | | | |
|--|--|--|
| <input type="checkbox"/> Vähän laboratorioharjoituksia | <input type="checkbox"/> Itsenäistä opiskelua | <input type="checkbox"/> Yksipuolista |
| <input type="checkbox"/> Paljon laboratorioharjoituksia | <input type="checkbox"/> Pääosin teoriaa | <input type="checkbox"/> Monipuolista |
| <input type="checkbox"/> Innoostava ja motivoiva opettaja | <input type="checkbox"/> Paljon projektitöitä | <input type="checkbox"/> Motivoivaa |
| <input type="checkbox"/> Paljon yhteistyötä yritysten ym. kanssa | <input type="checkbox"/> Ei projektitöitä | <input type="checkbox"/> Ei motivoivaa |
| <input type="checkbox"/> Vierailuja kemian alan yrityksiin | <input type="checkbox"/> Luenointia | |
| <input type="checkbox"/> tai yliopistolle | <input type="checkbox"/> Vaikeasti ymmärrettävää | <input type="checkbox"/> Jotain muuta |
| <input type="checkbox"/> Oppikirjasidonnaista | <input type="checkbox"/> Helposti ymmärrettävää | (mitä?) |

B. TULEVAT OPINNOT

17. Oma arvioni opiskeluaikasta kemian laitoksella: _____ vuotta

18. Mitkä kemian osa-alueet kiehtovat sinua eniten tai mihin haluaisit erikoistua? Merkitse kolme tärkeintä numerojärjestyksessä.

- | | | |
|---|--|--|
| <input type="checkbox"/> Analyttinen kemia | <input type="checkbox"/> Epäorgaaninen kemia | <input type="checkbox"/> Kemian opettaja |
| <input type="checkbox"/> Orgaaninen kemia | <input type="checkbox"/> Polymeerikemia | <input type="checkbox"/> Radiokemia |
| <input type="checkbox"/> Fysikaalinen kemia | <input type="checkbox"/> Ympäristökemia | <input type="checkbox"/> Materiaalikemia |
| <input type="checkbox"/> Teoreettinen ja laskennallinen kemia | <input type="checkbox"/> Vihreä kemia | |

19. Tavoitteeni kemian opiskelussa on

- ☐ Luonnontiet.kandidaatin tutkinto (120 ov) ☐ Maisterin tutkinto (160 ov)
☐ Licensiaatin tutkinto ☐ Tohtorintutkinto
☐ Opintokokonaisuus (approbatur tai cum laude approbatur)

20. Työelämässä haluaisin sijoittua

- | | | |
|--|--|--|
| <input type="checkbox"/> tuotekehitykseen | <input type="checkbox"/> koulutus tehtäviin | <input type="checkbox"/> johtotehtäviin |
| <input type="checkbox"/> laadunvalvontaan | <input type="checkbox"/> kaupan alalle/myyntitehtäviin | <input type="checkbox"/> hallintotehtäviin |
| <input type="checkbox"/> asiantuntijatehtäviin | <input type="checkbox"/> tutkijaksi | <input type="checkbox"/> kansainvälisiin tehtäviin |
| <input type="checkbox"/> johonkin muualle (minne?) | | |

21. Toivomuksia, ideoita, kommentteja: _____

Uudistuva kemian opetus Aalto-yliopistossa (T)

Eija Zitting
Teknillinen korkeakoulu

Aalto-yliopistossa tavoitteena on opiskelijalähtöinen ja korkealaatuinen opetus. Teknillisen kemian perusopetuksen laatuun halutaan vaikuttaa opetuksen tutkimuksen keinoin. Tässä raportissa on kuvattu keväällä 2009 toteutettu osaamiskartoitus ja sen tulokset. Osaamiskartoitus ei korreloinut opiskelijoiden tenttimenestyksen kanssa, vaan antoi vaikutelman, että kurssilla käsitellyjä asioita ei ollut ymmärretty syvällisesti. Osaamiskartoituksen perusteella opetuksen kehittämisen painopistealueeksi tulee nostaa opiskelijoiden aktivoiminen ajattelemaan, jotta oppimistuloksia saadaan vietyä pintasuuntautuneista opiskelustrategioista kohti syväsuuntautunutta oppimista.

1. Johdanto

Montfort on tutkimuksessaan havainnut, että insinöörikoulutus ei tuota syväoppimista, vaikka kurssien läpäisyprosenttein mitattuna opiskelijat menestyvät opinnoissaan hyvin (Montfort 2009). Tsui väittää samansuuntaisesti, että nykyajan ihmiset ovat korkeammin koulutettuja kuin koskaan aiemmin, mitä ei välttämättä voida käsittää niin, että he olisivat myös paremmin koulutettuja kuin koskaan. Osasyyn tähän Tsuin mukaan on että muodollisessa koulutuksessa huomio suunnataan siihen mitä ajatellaan sen asemasta, että opetettaisiin miten ajatellaan. (Tsui 2002).

Montfort luokittelee opiskelijoiden käsitteelliseen ymmärrykseen liittyvät tutkimuskysymykset kolmeen kategoriaan: 1) opetusmateriaalin laadinta ja sen vaikuttavuuden mittaaminen, 2) opiskelijoiden käsitteellisen ymmärryksen kehittämiseen liittyvien keinojen ja tapojen määrittäminen ja 3) käsitteellisen ymmärryksen yleisten trendien tutkimiseen tarkoitettujen arviointimenetelmien kehittäminen ja validointi. (Montfort 2009).

Käsitteellinen ymmärrys voidaan mieltää monin eri tavoin: yksi tulkinta on, että muistamisen asemasta ihminen ymmärtää jonkin käsitteen. Montfort ryhmineen määrittelee käsitteellisen ymmärryksen viitekehykseksi ja uskomuksiksi, joita käytetään uuden tiedon hankintaan tai aiemmin hankitun tiedon pohjalta kehitettyjen sovellusten käyttämiseen uudessa tilanteessa. Käsitteellisen ymmärryksen yhteydessä käytetään myös usein ilmaisua ”hyödyllinen tieto”, jolla kuvataan opiskelijoiden tapaa oppia käsitteet jossakin kontekstissa: mitä syvemmin käsite on ymmärretty, sitä helpompi sitä on käyttää myös muissa konteksteissa. Tämä ilmiö tunnetaan myös tiedon siirrettävyytenä. (Montfort 2009).

Teknillisen korkeakoulun perusopetuksessa on meneillään Opintojen sujuvuus-hanke. (Rehtorin päätös 30.3.2009). Hanke pohjautuu osin pohjaa 1.1.2010 aloittavan Aalto-yliopiston opetuksen laadun parantamiseen tähtäävän työryhmän työhön. Hankkeessa tavoitteena on ”kandidaattiopetuksen sisällön ja järjestelyiden kehittäminen ja opintojen sujuvuuteen liittyvien ongelmien ratkaiseminen”. Toisena lähtökohtana Opintojen

sujuvuus-hankkeelle ovat opiskelijoiden kokemukset opintojen alkuvaiheen kuormittavuudesta (Sammalisto 2009).

Teknillisen kemian osalta perusopetuksen strategisena tavoitteena on kohentaa tutkimuksellisen tiedon tuella kursseilla saavutettuja oppimistuloksia. Oppimistulosten parantamiseksi on suunniteltu myös verkkopohjaisia oppimateriaaleja kontaktiopetuksen tueksi. Verkko-oppimateriaalin sisällöllisen suunnittelun lisäksi panostetaan aiempaa enemmän myös sen pedagogiseen suunnitteluun. Opetuksen kehitystyön yhtenä lähtöpisteenä on osaamiskartoitus.

2. Toimintaympäristö

Tässä luvussa on kuvattu lyhyesti 1.10.2009 aloittavan Aalto-yliopiston opetuksen strategiaa sekä teknillisen kemian opetuksen tuottamisesta vastaavan Biotekniikan ja kemian tekniikan laitoksen linjauksia opetuksesta ja sen suunnittelusta.

2.1 Aalto-yliopisto

Aalto-yliopisto on 1.1.2010 toimintansa aloittava uusi yliopisto, joka muodostuu Helsingin kauppakorkeakoulun, Taideteollisen korkeakoulun ja Teknillisen korkeakoulun yhdistyessä. Yhdistymisellä tavoitellaan uusia mahdollisuuksia monialaiseen ja vahvaan opetukseen ja tutkimukseen. (Aalto-yliopisto).

Aalto-yliopistossa tavoitteena on opiskelijakeskeinen, uuden etsimiseen, tutkimiseen ja oppimiseen kannustava opiskelijakeskeinen kulttuuri. Tämän toteuttamiseksi, Aalto-yliopiston valmisteluryhmä on nostanut tavoitteikseen mm. opetuksen laadun kehittämiseen, oppimiseen ja opettamiseen sitoutuneen henkilökunnan ja opiskelijat, opiskelija-opettaja -suhteen pienentäminen ja opiskeluajan lyhentäminen sekä poikkitieteelliset opetuskokonaisuudet. (Nordström et al. 2009).

2.1 Biotekniikan ja kemian tekniikan laitoksen opetuksen kehittäminen

Biotekniikan ja kemian tekniikan laitoksen opetuksen tutkimuksen tavoitteena on ”jatkuvan opetuksen kehitystyön tukeminen ja opetuksen vaikuttavuuden varmistaminen. Tähän pyritään etsimällä uusia pedagogisia ratkaisuja sekä järjestelmällisesti parantamaan käytössä olevia opetusmenetelmiä”. Tutkimuksen painopiste on oppimista aktivoivissa opetusmenetelmissä. Opetusmenetelmissä painotetaan teoreettisen ja tutkimukseen perustuvan tiedon ymmärtämisen ja soveltamisen merkitystä. (Biotekniikan ja kemian tekniikan laitoksen opetuksen tutkimus).

Keskeisiä alueita opetuksen kehitystyössä ovat oppilaskeskeisemmän näkökulman esiintuominen perinteisen, enemmän opettajakeskeisen lähestymistavan sijaan. Myös tietotekniikan kehityksen tuomat uudet mahdollisuudet opetukseen, opiskeluun ja oppimiseen ovat tärkeä tutkimuskohde. (Biotekniikan ja kemian tekniikan laitoksen opetuksen tutkimus).

3. Tutkimuskysymykset

Oppimista arvioidaan Teknillisessä korkeakoulussa tyypillisesti kurssin päätteeksi tentillä. Tällainen arviointimenetelmä ei anna kuvaa siitä, millaista muutos opiskelijan ajattelussa tapahtuu opetuksen aikana. Toinen tenttiin liitettävä haaste on sen subjektiivisuus arviointimuotona: tentti mittaa sitä, mitä sen laatija haluaa mitata. Pahimmassa tapauksessa tentillä mitataan sitä, kuinka hyvin opettajan puhe osataan toistaa.

Osaamiskartoitus suunniteltiin välineeksi saada tietoa siitä, millaista oppimista nykyinen opetus tukee. Samansisältöinen kysely haluttiin toteuttaa kurssin alussa ja lopussa, jotta saataisiin kuvaa siitä, miten opetus vaikuttaa opiskelijoiden vastauksiin. Kurssin lopussa pidetyn tentin tuloksia verrattiin osaamiskartoituksen antamiin tuloksiin mahdollisten korrelaatioiden löytämiseksi.

Tämän tutkimuksen pääkysymykset olivat

- 1) Miten oppilaiden vastaukset muuttuivat kurssin aikana?
- 2) Löytyykö osaamiskartoituksen tulosten ja tentin tulosten välille korrelaatiota?

4. Tutkimusmenetelmä

Tutkimusmenetelmänä on kehittämistutkimus (Edelson 2002). Kehittämistutkimuksen tavoitteena on tuottaa tietoa sekä kehittämisprosessista että lopputuloksesta, tässä tapauksessa kontaktiopetuksen tueksi laaditusta verkko-kokonaisuudesta. Tämä tutkimus on laadittu osana kehittämistutkimuksen tarveanalyysiä. Tässä luvussa kuvataan tutkimuksen kohteena ollut kurssi, tutkimusjoukko, osaamiskartoitus ja osaamiskartoitukseen liittyvät haastattelut.

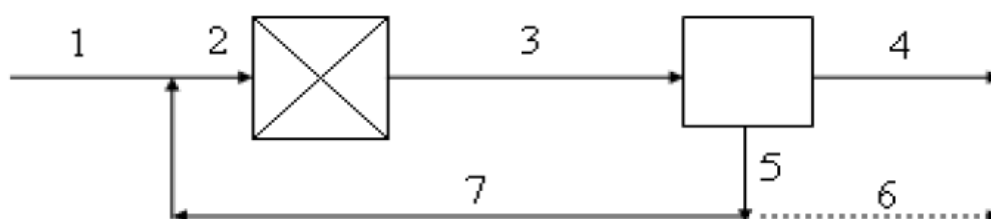
4.1 Kurssi

Kohteena ollut kurssi on Kemian tekniikan tutkinto-ohjelman toisen vuosikurssin peruskurssi teknillisestä kemiasta (Kemian ja materiaalitieteiden tiedekunnan opinto-opas 2008-2009). Kurssin tavoitteeksi on asetettu prosessien arvioinnin tärkeimpien periaatteiden, aine- ja energiataseiden ja termodynaamisen tasapainon esittely siten, että opiskelijat saavat valmiudet kemiallisten prosessien ominaisuuksien vertailuun. Kurssin opetusmenetelmiin kuuluivat luennot ja laskuharjoitukset, joiden lisäksi on 4 mikroluokkaharjoitusta prosessisuunnittelussa käytettävillä simulointiohjelmilla. (Kurssitietokanta Noppa).

Kurssin suorittamiseksi opiskelijoiden tulee tehdä yksi laaja kotilasku, 3 edellistä suppeampaa viikkolaskua sekä lopputentti. Kotilasku on laskutehtävä, jonka tehtävänannossa annetaan tehtävän ratkaisemiksi tarpeelliset tiedot. Kotilasku palautetaan ohjaajalle ja sitä korjataan tai täydennetään, kunnes se on saatu oikein ratkaistua. Ohjaaja antaa opiskelijalle palautteen jokaisella korjauskierroksella. Kevään 2009 kotilaskun tehtävänanto on esitetty ohessa (Kurssitietokanta Noppa):

Kuvassa 1 esitetyn prosessikaavion mukaisesti voidaan valmistaa metanolia synteesikaasusta. Prosessissa käytetään 50-100 bar painetta ja 250°C lämpötilaa. Näissä olosuhteissa metanolin muodostumisreaktiota voidaan pitää irreversiibelinä, mutta syötössä (virrassa 1) oleva metaani (0,2 mol-%) ei kuitenkaan reagoi. Reaktorin jälkeen suurin osa muodostuneesta metanolista erotetaan jäähdyttämällä ja reagoimattomat kaasut ja loput metanolista kierrätetään takaisin reaktoriin.

Prosessivirta 6 koostuu hiilimonoksidista (294,00 mol/h), vedystä (588,0 mol/h), metaanista (30,00 mol/h) ja metanolista (0,308 mol/h). ”Kerran läpi”-konversio (konversio reaktorin yli) on hiilimonoksidille 10 %. Metanolin erotuksessa 99,0 mol-% metanolista saadaan talteen, loput metanolista jää kiertovirtaan. Osa kiertokaasusta kuitenkin poistetaan, jotta metaani ei rikastuisi kiertoon. Laske eri virtojen koostumukset ja massavirrat sekä kierrätyksen ja tuoresyötön massavirtojen suhde. Määritä lisäksi prosessin kokonaiskonversio. Syötöstä 0,2 mol-% on metaania.



Kuva 1. Prosessikaavio metanolisynteesille

”Kerran läpi”-konversio tarkoittaa konversiota virtojen 3 ja 2 välillä. Kokonaiskonversio tarkoittaa konversiota virtojen 4 ja 1 välillä.

Viikkolaskut ovat samantyyppisiä laskutehtäviä. Ne palautetaan vain kerran, jolloin hyväksytty suoritus edellyttää, opiskelija on esittänyt periaatteiltaan oikean ratkaisumallin laskulle. Viikkolaskut otettiin käyttöön, kun Teknillinen korkeakoulu siirtyi periodipohjaiseen lukuvuosimalliin (Rantanen ja Liski 2009). Kukin opetusperiodi on noin seitsemän viikon mittainen. Tässä raportissa kuvatulla, yhteen opetusperiodiin sijoitetulla kurssilla, ei ehdittäisi kierrättää useaa laskua perinpohjaisesti.

Kurssin luennoitsija kevään 2009 toteutuksessa oli osa-aikaisesti opettava dosentti ja laskuharjoituksia ohjasivat teknillisen kemian tutkimusryhmän tutkijat. Luennoitsijalla ei ole pedagogista koulutusta, mutta laskuharjoituksia ohjaavilla tutkijoilla on. Kaikilla kurssin opetukseen osallistuvilla oli kuitenkin vahva kiinnostus opettamiseen ja opiskelijoiden oppimistulosten parantamiseen. (Teknillisen korkeakoulun Opetusohjelma 2008-2009).

Kurssi on Kemian tekniikan tutkinto-ohjelman opetussuunnitelman mukaan pakollinen ”Prosessit ja tuotteet”-kokonaisuutta pää- tai sivuaineenaan opiskeleville kemian tekniikan tutkinto-ohjelman opiskelijoille. (Kemian ja materiaalitieteiden tiedekunnan opinto-opas 2008-2009). Keväällä 2009 kurssille osallistui noin 40 perusopiskelijaa.

4.2 Tutkimusjoukko

Kaikki kurssille osallistuneet laskettiin kuuluviksi tutkimusjoukkoon. Cohenin mukaan tällainen tutkimusjoukko, joka ei edusta suurempaa populaatiota, ainoastaan itseään, sopii erityisesti pienen mittakaavan tutkimuksille. Vaikka tutkimusjoukko onkin ns. epäedustava, sen avulla saatuja tuloksia voidaan silti menestyksekkäästi soveltaa lähtökohtana päätutkimukselle. (Cohen 2007). Tässä kurssin osallistujien avulla saadut tulokset hyödynnetään verkko-oppimateriaalin pedagogisessa suunnittelussa, jota tullaan testaamaan suuremmalla opiskelijajoukolla.

Vaikka kurssille keväällä 2009 osallistui 40 opiskelijaa, ainoastaan 20 opiskelijaa otti osaa ensimmäiseen laskuharjoitukseen, jossa osaamiskartoituksen ensimmäinen osa tehtiin ja edelleen, 19 opiskelijaa oli läsnä viimeisissä laskuharjoituksissa, joissa osaamiskartoituksen toinen osa tehtiin. Näistä kahdesta ryhmästä 13 opiskelijaa oli läsnä sekä alku- että loppukartoituksessa. Täten saavutettu aineisto oli liian suppea analysoitavaksi tilastollisin menetelmin. Cohenin mukaan luotettava tilastollinen tarkastelu olisi edellyttänyt vähintään 25 opiskelijan aineistoa. (Cohen 2007).

Alku- ja loppuvaiheen kyselylomakkeiden ohella vapaaehtoisia haastateltavia pyydettiin ilmoittautumaan tutkimuksen tekijälle. Haastatteluihin ilmoittautui kuusi (6) opiskelijaa, joista yksi perui keskeytettyään kurssin ja kaksi aikatauluongelmien vuoksi. Haastatteluihin osallistui 3 opiskelijaa.

4.3 Osaamiskartoitus

Osaamiskartoitus tehtiin kurssin aluksi ja toistettiin kurssin lopussa. Tavoitteena oli selvittää, vaikuttiko kurssin opetus opiskelijoiden vastauksiin. Opiskelijoille kerrottiin kurssin alussa, että osaamiskartoitus on kurssin pakollinen osa, jonka tavoitteena on kehittää kurssin opetusta. Osaamiskartoituksen roolia kurssilla haluttiin korostaa, jotta opiskelijat tekisivät parhaansa vastatessaan kartoituksen kysymyksiin. Kuitenkaan osaamiskartoitukseen vastaamatta jättämisestä ei koitunut opiskelijoille seurauksia, eikä kartoituksen tuloksilla ollut vaikutusta kurssin arviointiin. Alkuvaiheen kyselylomakkeessa oli lisäksi kohta, jossa saattoi ilmoittautua haastateltavaksi.

Osaamiskartoitus toteutettiin kyselylomakkeella, jossa oli kurssin esitietovaatimuksiin liittyviä kysymyksiä (osa A) sekä kurssin tavoitteisiin liittyviä kysymyksiä (osa B). Kysymykset oli muotoiltu siten, että niihin oletettiin vastattavan ”Totta” tai ”Tarua” ja perustelemaan vastauksensa. Osassa A oli 11 kysymystä ja osassa B 10 kysymystä.

Osaamiskartoituksen kysymykset on esitetty ohessa. Kuhunkin kysymykseen odotettiin perustelua kysymykseen liittyvän kemian teorian perusteella, mutta perusteluiden kirjoittamisesta ei annettu erikseen ohjetta.

B. Kurssin esitietoihin liittyvä osaamiskartoitus

Ovatko seuraavat väitteet totta vai tarua? Perustele lyhyesti! (lisäksi ”Tarua”-väitteille voi esittää mielestään oikean vastauksen)

1. Heterogeenisessä reaktiossa lähtöaineet ja tuotteet muodostavat vähintään kaksi erillistä faasia.
☐ Totta
☐ Tarua
2. Reversiibelissä reaktiossa muodostuvan tasapainotilan koostumus on riippumaton reaktion termodynamiikasta.
☐ Totta
☐ Tarua
3. Reaktioentalpia (-lämpö) on reaktiotuotteiden ja lähtöaineiden energiasisältöjen summa.
☐ Totta
☐ Tarua
4. Muodostumisentalpiaksi kutsutaan entalpian muutosta kun yksi mooli kemiallista yhdistettä muodostuu alkuaineistaan.
☐ Totta
☐ Tarua
5. Endotermisessä reaktiossa lämpöä muodostuu reaktion edetessä.
☐ Totta
☐ Tarua
6. Adiabaattisessa reaktorissa reaktorin ja ympäristön välillä tapahtuu energian siirtymistä.
☐ Totta
☐ Tarua
7. Stationääritilaksi kutsutaan systeemin ajasta riippumatonta vakio toimintatilaa tietyissä olosuhteissa.
☐ Totta
☐ Tarua
8. Irreversiibelissä reaktiossa termodynaaminen tasapaino rajoittaa reaktion etenemistä.
☐ Totta
☐ Tarua
9. Isotermistä prosessia ei lämmitetä eikä jäähdytetä reaktion aikana.
☐ Totta
☐ Tarua
10. Selektiivisyys kuvaa, kuinka suuri osuus konvertoituneesta lähtöaineesta reagoi tietyksi tuotteeksi.
☐ Totta
☐ Tarua
11. Kahden peräkkäisen reaktorin kokonaiskonversio saadaan laskemalla yhteen reaktorien yksittäiset konversiot.
☐ Totta
☐ Tarua

C. Kurssin tavoitteisiin liittyvä osaamiskartoitus

Ovatko seuraavat väitteet totta vai tarua? Perustele lyhyesti! (lisäksi ”Tarua”-väitteille voi esittää mielestään oikean vastauksen)

1. Riippumattomiksi reaktioiksi kutsutaan reaktioita, jotka tapahtuvat yhtäaikaisesti samoista lähtöaineista eri tuotteiksi
☐ Totta
☐ Tarua
2. Termodynaaminen tasapainotila on tila jossa lähtöaineiden reaktionopeus tuotteiksi on sama kuin muodostuneiden tuotteiden reaktionopeus takaisin lähtöaineiksi.
☐ Totta
☐ Tarua
3. Termodynamiikan 1. pääsäännön mukaan luonnonilmiössä energian kokonaismäärä pysyy muuttumattomana
☐ Totta
☐ Tarua
4. Termodynamiikan 2. pääsäännön mukaan yksikseen jätetty systeemi siirtyy kohti tasapainotilaa.
☐ Totta
☐ Tarua
5. Reaktioentalpia riippuu siitä tapahtuuko reaktio suoraan vai välivaiheiden kautta.
☐ Totta
☐ Tarua
6. Eksotermisen reaktion reaktiolämpö on positiivinen.
☐ Totta
☐ Tarua
7. Jotta reaktio tapahtuisi vapaaehtoisesti ilman ulkoista yllykettä, on reaktion Gibbsin energian oltava positiivinen.
☐ Totta
☐ Tarua
8. Lähtöaineiden konsentraatiot vaikuttavat reaktion tasapainovakion arvoon.
☐ Totta
☐ Tarua
9. Endotermisen reaktion tasapainokonversio paranee lämpötilan noustessa.
☐ Totta
☐ Tarua
10. Endotermisen reaktion tasapainovakio pienenee paineen kasvaessa.
☐ Totta
☐ Tarua

4.4 Haastattelut

Haastatteluihin halukkaita pyydettiin ilmoittautumaan alkuvaiheen kyselylomakkeella. Haastatteluun osallistuville luvattiin kirjapalkkio. Vapaaehtoisiksi ilmoittautuneille lähetettiin sähköpostitse kutsu, jossa oli ehdotettu haastatteluaikoja ja mainittu siihen menevän noin tunti. Haastattelut pidettiin tutkimusryhmän seminaarihuoneessa.

Haastattelut nauhoitettiin haastateltavien luvalla digitaalisella sanelimella. Haastatteluiden aukipurkamiseen käytettiin alan yritystä.

Haastatteluissa haastateltavan kyselylomake käytiin läpi kysymys kysymykseltä ja haastateltaville annettiin mahdollisuus tarkentaa antamiaan vastauksia. Menetelmää käytettiin kyselyn luotettavuuden parantamiseksi (Cohen 2007). Lisäksi, haastateltavia pyydettiin arvioimaan omaa osaamistaan suhteessa kurssin esitietovaatimuksiin [opinto-opas]. Haastateltavilta pyydettiin myös omaa arviota osaamisestaan osaamiskartoituksessa: olivatko he olleet tyytyväisiä vastauksiinsa ja olisiko heidän toimintansa ollut erilaista, jos kyseessä olisi ollut tentti.

5. Tulokset ja johtopäätökset

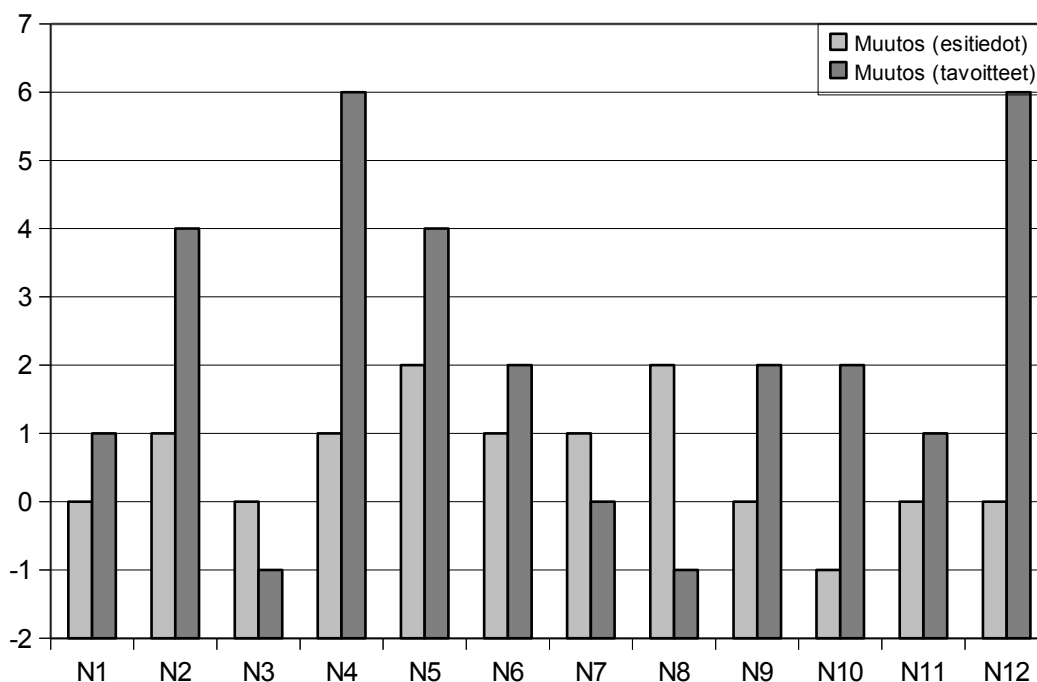
Tässä luvussa kuvataan osaamiskartoituksesta ja haastatteluista tehdyt havainnot. Lisäksi luvussa tarkastellaan osaamiskartoituksiin osallistuneiden tenttimenestystä ja arvioidaan tulosten luotettavuutta.

5.1 Osaamiskartoitus

Tutkimuksen tekijä korjasi osaamiskartoitukset sekä kurssin alussa että lopussa. Oikeasta vastauksesta annettiin piste ja väärä vastaus jätettiin pisteittä. Totta/Tarua-vastaus ja siihen liitetty perustelu arvioitiin erikseen. Tulokset on esitetty siten, että kunkin opiskelijan osalta on esitetty alun ja lopun arvioinnin muutos, ei yksittäisten kysymysten tuloksia. Tämä lähestymistapa valittiin, koska vastauksia vertaamalla haluttiin tarkastella kurssin aikana osaamisessa tapahtunutta muutosta, kehittymistä. Vastausten kehittymiseen vaikuttaa pääasiassa opiskelijoiden opiskelu.

Kuvassa 1 on esitetty Totta/Tarua-vastausten pistetyksen muutos sekä esitietoihin liittyvien kysymysten osalta että kurssin tavoitteisiin liittyvien kysymysten osalta. Esitietoihin liittyviin kysymyksiin osattiin vastata kurssin lopussa yhtä hyvin ja osin paremmin kuin kurssin alussa. Tulos ei ollut aivan odotusten mukainen: Kuvan 1 mukaan esitietoihin liittyvää osaamisen paranemista tapahtui vain osalla tutkimusjoukosta, odotuksen ollessa, että osaaminen paranisi koko tutkimusjoukolla. Opiskelijan rakentaessa uutta osaamista, myös aiemmin hankitun osaamisen voi odottaa syvenevän ja laajenevan. Tuloksia voi selittää esimerkiksi opiskelijoiden puutteellinen yrittäminen tai olosuhteet kyselyiden aikaan: alkuvaiheen kartoitus tehtiin kevätlukukauden ensimmäisen opetusperiodin alussa, jolloin takana on lyhyt lukuvuositauko. Osaamiskartoituksen jälkimmäinen osa tehtiin keskellä kevätlukukautta, jolloin opinnoissa on kiireinen aika ja opintoihin voi liittyä väsymystä. (Rantanen ja Liski 2009).

Kuvan 1 mukaan, kurssin tavoitteisiin liittyvät kysymykset menivät kurssin lopussa suurimalla osalla tutkimusjoukon opiskelijoita paremmin kuin alussa. Tulos oli odotettu. Kahdella opiskelijalla kurssin tavoitteisiin liittyvä osaaminen kuitenkin heikkeni kurssin aikana. Syytä etsittäessä voidaan tässäkin spekuloida opiskelijoiden yrittämisen puutteella tai kiireellä ja väsymyksellä.



Kuva1. Totta/Tarua-vastausten pistemäärissä tapahtunut muutos alku- ja loppukyselyissä.

Merkintä *N* tarkoittaa kyselyyn osallistunutta opiskelijaa. Lukuarvo *y*-akselilla kuvaa loppukyselyn ja alkukyselyn pisteytyksen erotusta.

Pääsääntöisesti opiskelijat eivät kyenneet parantamaan suoritustaan Totta/Tarua-kysymyksiin liitettyjen perusteluiden osalta sen enempää esitietoihin kuin kurssin tavoitteisiin liittyvien kurssien osalta. Muutokset, jos niitä havaittiin, olivat negatiivisia, mikä antaa kuvan, että opetuksella olisi suorastaan oppimista haittaava vaikutus. Aiemmin esitettyjen syiden lisäksi voidaan pohtia sitä mahdollisuutta, että opiskelijat olivat saaneet osaamista lisää, mutta eivät jaksaneet/ehdineet alkaa pohtia vastauksiaan syvällisemmin – tiedossa oli, että osaamiskartoitus ei vaikuta kurssin arvosteluun. Lisäksi osaamiskartoitus oli toteutettu kuuden viikon välein, joka saattaa olla liian lyhyt aika tiedon jäsentämiseen ja prosessointiin.

5.2 Haastattelut

Haastatteluissa kukaan haastateltavista ei kyennyt parantamaan Totta/Tarua-kysymyksiin esittämiään perusteluita. Haastateltaville ei annettu mahdollisuutta vaihtaa itse kyselylomakkeeseen merkittyä vastausvaihtoehtoa.

Mielenkiintoinen yksityiskohta haastatteluista paljastui osan B kysymysten 3 ja 4 kohdalla. Kyselylomakkeessa käytännössä jokainen osasi vastata näihin termodynamiikan 1. ja 2. pääsääntöä koskeviin kysymyksiin oikein – toisaalta kukaan ei osannut antaa vastaukselleen kemiallista perustelua. Haastattelut vahvistivat kyselylomakkeesta välittyneen kuvan opiskelijoiden huomion kiinnittymisestä väärään asiaan: opiskelijat

pohtivat muistivatko pääsääntöjen järjestysnumeron oikein, sen sijaan kysymysten asettelun kemiallinen oikeellisuus unohtui täysin.

Kaikki haastateltavat kuvasivat olleensa tosissaan vastaustensa kanssa. Kun heitä pyydettiin millainen suoritus olisi ollut, jos kyseessä olisi ollut tentti, kaikki uskoivat toimineensa muuten samoin, mutta pyrkineensä *“perustelevaan vastauksensa syvemmin”*. Haastatteluiden perusteella on mahdotonta sanoa, olisiko tämä vaikuttanut vastausten laatuun.

Haastatteluiden ja osaamiskartoitusten voidaan tulkita tukevan Erkkilän tutkimusta, tekniikan alan opiskelijoilla yleistä on pintasuuntautunut, muistamiseen perustuva opiskelustrategia. (Erkkilä 2009).

5.3 Tentti

Kurssin tentissä oli sekä aiemmin kuvatun tyyppisiä, perusteltua vastausta vaativia Totta/Tarua-tehtäviä että laskutehtäviä. Osaamiskartoituksen molempiin osiin osallistuneet opiskelijat menestyivät kurssin tentissä erinomaisesti. Kahdeksalla (8) opiskelijalla tulos oli *kiitettävä* (5/5), kolmella opiskelijalla *erittäin hyvä* (4/5) ja yhdellä opiskelijalla *hyvä* (3/5).

Tentin tuloksia verrattiin sekä Totta/Tarua-vastauksissa tapahtuneeseen muutokseen että niihin liittyvien perusteluiden arvostelussa tapahtuneisiin muutoksiin. Odotusten vastaisesti osaamiskartoituksen tulokset eivät korreloineet tenttimenestyksen kanssa.

Johtopäätösten vetämistä vaikeuttaa kuitenkin se, että tentin korjasi ja pisteytetty kurssin laskuharjoituksista vastannut opettaja ja osaamiskartoituksen siitä vastannut tutkija. Tutkija ja opettaja eivät olleet sopineet yhteisestä arviointikriteeristöstä.

5.4 Tulosten luotettavuus

Tulosten sisäinen luotettavuus tarkoittaa, että havaintojen tulee tarkasti kuvata tutkittavia ilmiöitä (Cohen 2007). Tässä tutkimuksessa ensimmäinen tutkimuskysymys pyrki selvittämään miten oppilaiden vastaukset osaamiskartoitukseen muuttuivat kurssin aikana. Tarkoitus oli analysoida, kuinka opiskelijoiden kyky esittää kemiaan pohjaavia perusteluita vastauksilleen kehittyi kurssin aikana. Tämän tapaisia ennen-jälkeen-testejä on käytetty mittamaan kurssin aikaista oppimista. (Hake 1998).

Toisessa tutkimuskysymyksessä haluttiin selvittää, löytyykö osaamiskartoituksen tulosten ja tentin tulosten välille korrelaatiota. Tulosten perusteella, korrelaatiota ei esiinny. Tentissä ja osaamiskartoituksessa oli pääosin eri kysymykset, joten niiden voidaan tulkita mitanneen erilaista osaamista. Mikäli huomioon otettaisiin vain ne tentin kysymykset, jotka olivat samoja/lähellä toisiaan, tentin ja osaamiskartoituksen korrelaatio saattaisi näyttää toisenlaiselta. Lisäksi tentin ja osaamiskartoituksen korjasivat ja pisteyttivät eri henkilöt, joilla ei ollut keskinäistä sopimusta arviointikriteereistä. Nämä tekijät

heikentävät tutkimuksen luotettavuutta eikä tentin ja osaamiskartoituksen korrelaatiota tule käyttää ilman lisätutkimusta.

Tutkimuksen ulkoinen luotettavuus viittaa laajuuteen, jolla tutkimuksen tuloksia voidaan yleistää (Cohen 2007). Tässä tutkimuksessa aineistona oli 12 opiskelijaa eli alle puolet kurssille osallistuneista 40 opiskelijasta. Tämä rajoittaa tutkimuksen ulkoista luotettavuutta.

Tutkimustulokset näyttävät tukevan aiempaa tutkimusta, jonka perusteella pintasuuntautunut, muistamiseen perustuva opiskelustrategia olisi yleinen tekniikan alan opiskelijoiden keskuudessa (Erkkilä 2009): opiskelijat pärjäsivät hyvin tentissä, mutta osaamiskartoituksen perusteella tulokset eivät osoita, että opiskelijoiden osaaminen olisi todella lisääntynyt kurssin aikana. Johtopäätösten vetämisessä täytyy huomioida, että osaamiskartoitus on voitu suorittaa kevyemmällä panostuksella, loppuvaiheen kartoitus oli keskellä kiireistä lukuvuotta ja että kartoituksesta ei palkittu kurssin loppuarvioinnissa, mitkä ovat voineet rajoittaa opiskelijoiden intoa panostaa siihen. Tutkimusjoukon sisällä tulokset ovat kuitenkin erittäin hyvin linjassa keskenään, mitä myös haastatteluaineisto tuki, mikä oikeuttanee tulosten hyödyntämisen tarveanalyysin lähteenä.

6. Johtopäätökset

Tämän tutkimuksen tulokset tukevat aiempia tuloksia siitä, että opetus tukee strategista opiskelutapaa, pyrkimystä selvittää tentistä mahdollisimman hyvin arvosanoihin riippumatta oppimisesta. Opiskelijat eivät osaamiskartoituksessa esittäneet korkeamman asteen ajattelun taitoja, tai kemiallisten ilmiöiden ymmärtämistä, joita ei ehkä ole harjoitettu kurssilla. Opiskelu kuitenkin tavoittelee opiskelijoiden syvällistä ymmärtämistä kohteena olevista asioista, mikä vaatii tätä tukevia opiskelukokemuksia (Linden 2009).

Kurssin tentillä mitatut arviointitulokset olivat toisaalta erittäin hyviä, mikä voi viitata siihen, että arvioinnissa ei vaadittu korkeamman asteen ajatteluntaitoja tai että nykyinen arviointimenetelmä jopa tukee pintasuuntautunutta opiskelua. Arviointimenetelmä vaikuttaa vahvasti opiskelijan valitsemaan opiskelustrategiaan, joten sitä kehittämällä voidaan ohjata opiskelijoita tavoitteelliseen, syväsuuntautuneeseen opiskelustrategiaan (Linden 2009).

Tutkimustulosten perusteella opetusta voitaisiin kehittää aktiivisin ja ajattelua tukevin menetelmin. Luennoilla voitaisiin kokeilla ryhmäkeskusteluita, joista on todettu olevan hyötyä mm. tieteellisen argumentoinnin ja ajattelun taitojen harjoittamisessa. (Tsui 2002). Näistä taidoista olisi ollut hyötyä myös osaamiskartoituksen perusteluiden kirjoittamiseen.

Kemiallisiin ilmiöihin liittyviä esimerkkejä tulisi ottaa prosessiteollisuuden ohella myös arkielämästä. Näin voitaisiin vahvistaa ilmiöiden ymmärtämisen kannalta olennaista tiedon siirtovaikutusta ja syventää ilmiön ymmärtämistä. (Montfort 2009).

Laskuharjoituksissa opetuksen painopiste tulisi siirtää opettajan tekemisestä opiskelijoiden tekemiseen. Nykyinen toimintamalli, jossa opiskelijat istuvat luentosalissa kuuntelemaan ja mahdollisesti kopioimassa opettajan esittämää malliratkaisua ei tue opiskelijoiden omaa

ajattelua. Opettajan roolin tulisi siirtyä opiskelijoiden oman prosessoimisen tukihenkilöksi. Koti- ja viikkolaskuihin voitaisiin rakentaa esimerkiksi pienin teoriaan liittyvin pohdintatehtävin kemiallisen ilmiön ymmärtämiseen tähtäävää osuutta sen sijaan, että opiskelijat laskevat tietyllä menetelmällä tiettäjä kaavoja käyttäen ”oikean vastauksen”.

Aalto-yliopiston tavoitelinjauksissa mm. opiskelija-opettaja-suhteeseen tavoitellaan kohennusta (Nordström 2009). Tärkeä tarve on mahdollistaa riittävät ohjausresurssit opetukseen, jotta oppimisen kannalta olennainen henkilökohtainen palaute olisi mahdollista entistä useammissa opetustilanteissa. On kuitenkin muistettava, että oppimista ei saavuteta vain opetuksella ilman opiskelijoiden omaa aktiivista ja tavoitteellista panosta eli opiskelua (Uljens 1997).

Kaikki nämä suositukset voidaan huomioida opetuksen tueksi laadittavan verkko-oppimateriaalin suunnittelussa. Opetuksen tulee haastaa opiskelijoita ajattelemaan, arvioimaan, kritisoidaan ja vertailemaan!

Kiitokset

Kiitokset Teknillisen korkeakoulun Teknillisen kemian tutkimusryhmälle (Kemian ja materiaalitieteiden tiedekunta, Biotekniikan ja kemian tekniikan laitos) ja professori Outi Krauselle mahdollisuudesta tutkimuksen tekemiseen Teknillisen kemian tutkimusryhmässä. Kiitokset professori Maija Akselalle, TkT Juha Linnekoskelle ja TkT Pirjo Pietikäiselle ohjauksesta, tuesta ja kannustuksesta.

Lähteet

Aalto-yliopisto. <http://aaltoyliopisto.info/>, 17.9.2009.

Biotekniikan ja kemian tekniikan laitoksen opetuksen tutkimus. <http://chemtech.tkk.fi/fi/tutkimus/opetuksentutkimus/>, 17.9.2009.

Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). *Research methods in education*. Routledge.

Edelson, D. C. (2002). Design research: What we learn when we engage in design. *The Journal of the Learning Sciences*, 11, 115-121.

Erkkilä, M. (2009). *Strategisesti suorittaen? Teknillistieteellisen alan opiskelijoiden kandidaattivaiheen opintojen eteneminen, opiskeluorientaatiot ja opiskelukokemukset uudesta kaksiporaisesta tutkintorakenteesta*. Espoo, Teknillinen korkeakoulu, Opetuksen ja opiskelun tuki.

Hake, R. (1999). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 61, (1) 64-74.

Kemian ja materiaalitieteiden tiedekunta, Opinto-opas 2008-2009. http://chemat.tkk.fi/fi/opinnot/tutkintoohjelma_opas/, 17.9.2009.

Kurssitietokanta Noppa. <http://noppa.tkk.fi/>, 17.9.2009.

Montfort, D., Brown, S., & Pollock, D. (2009). An Investigation of Students' Conceptual Understanding in Related Sophomore to Graduate-Level Engineering and Mechanics Courses. *Journal of Engineering Education*, 98, (2) 111-129.

Linden, S. (2009). *Mitä tarkoitat oppimisella? Kemian tekniikan tutkinto-ohjelman opiskelijoiden ja opettajan käsityksiä oppimisesta ja oppimisen arvioinnin tehtävistä sekä onnistuneen ja epäonnistuneen opiskeluprosessin syistä* (Pro Gradu-tutkielma). Helsingin yliopisto, Kasvatustieteen laitos.

Nordström, K., Korpelainen, P., & Hyppönen, O. (2009). *Guidelines for quality of learning at Aalto University. A roadmap produced by the teaching quality working group 2008-2009*, Espoo, Teknillinen korkeakoulu, Opetuksen ja opiskelun tuki.

Opintojen sujuvuuden edistäminen - toimenpideohje hallituksen päätökseen 9.2.2009, rehtorin päätös 30.3.2009. <http://www.tkk.fi/fi/opinnot/opintohallinto/paatokset/>, 17.9.2009.

Rantanen, E., & Liski, E. (2009). *Valmiiksi tavoiteajassa? Teknistieteellisen alan opiskelijoiden opintojen eteneminen ja opiskelukokemukset tekniikan kandidaatin tutkinnossa*. Espoo, teknillinen korkeakoulu, Opetuksen ja opiskelun tuki.

Sammalisto, P. (2009). *Fuksien fiilikset. teknistieteellisen alan ensimmäisen vuoden opiskelijoiden opiskelukokemuksia 2005-2007*, Espoo, Teknillinen korkeakoulu, Opetuksen ja opiskelun tuki.

Teknillisen korkeakoulun Opetusohjelma 2008-2009. <http://oodi.tkk.fi/w/>, 28.5.2009.

Tsui, L. (2002). Fostering Critical Thinking Through Effective Pedagogy. Evidence from Four Institutional Case Studies. *The Journal of Higher Education*, 73 (6) 740-763.

Uljen, M. (1997). *School didactics and learning. A school didactic model framing an analysis of pedagogical implications of learning theory*. Hove, Psychology Press Ltd.

Katalyytin valmistus-projekti – Uusi tapa kandidaatintyön ja kemian tutkimusprojektin suorittamiselle

Satu Ojala¹, Päivi Ojala², Anne Heponiemi³, Mika Huuhtanen¹, Ulla Lassi³, Matti Niemelä³, Satu Pitkäaho¹, Hanna Prokkola³, Jaakko Saukkoriipi³, Esa Turpeinen¹ & Riitta Keiski¹

¹ Prosessi- ja ympäristötekniikan osasto, Lämpö- ja diffuusioteknikan laboratorio, Oulun yliopisto

² Kalajoen lukio

³ Kemian laitos, Oulun yliopisto

Viime vuosina tehty yliopisto-opetuksen uusimistyö Bologna-prosessin tavoitteiden saavuttamiseksi on avannut mahdollisuuksia opetuksen kehittämiseksi. Vuonna 2008 toteutettiin Oulun yliopiston Prosessi- ja ympäristötekniikan osaston ja Kemian laitoksen välillä ainutlaatuinen opetusprojekti, jonka mahdollisti Bologna-prosessin mukainen uusi tekniikan kandidaatin tutkinto ja kemian kandidaatin tutkinnon uudistaminen. Projektin tavoitteisiin kuuluivat osastojen välisen yhteistyön lisääminen, opiskelijoiden ongelmanratkaisutaitojen kehittäminen, tiedon ja osaamisen integrointi sekä luonnontieteiden ja tekniikan opintojen kiinnostavuuden lisääminen lukio-opiskelijoiden parissa. Projekti toteutettiin katalyytin valmistus-aiheen ympärillä ja projektin toteuttamiseen osallistui kymmenen yliopisto-opiskelijaa, kymmenen ohjaajaa sekä kymmenkunta lukio-opiskelijaa Kalajoen lukiosta. Katalyytin valmistus-projektissa simuloitiin todellisia työtilanteita, erilaisia kokous- ja ryhmätyötilanteita sekä ohjaustehtäviä. Päävastuu projektin toteuttamisesta ja etenemisestä annettiin opiskelijoille ja ohjaajien roolina oli pääasiassa toimia sivustavaikuttajina, ei varsinaisina opettajina. Projekti onnistui kokonaisuudessaan hyvin ja kaikki opiskelijat saivat opinnäytetyönsä valmiiksi. Projektin aikana opiskelijoiden käytännön työtaidot ja ongelmanratkaisukyvyt kehittyivät. Yhteistyö sekä kommunikointi ohjaajien ja opiskelijoiden välillä parantui. Kerätyn palautteen perusteella kehitystarpeita projektista kuitenkin vielä löytyy. Suurimmaksi ongelmaksi nousi ehkä odotetustikin se, että opiskelijat eivät ole tottuneet siihen, että heille annetaan täysi vastuu ongelmien ratkaisemisesta – osa koki jääneensä ongelmatilanteessa yksin. Ennen vastaavan projektin toteutusta kannattaakin suunnitella tarkasti, miten opiskelijat saataisiin sisäistämään uusi opetustapa ennen käytännön toteutusta. Onnistuneiden kokemusten rohkaisemana tällä hetkellä harkitaan, miten tämän kaltainen projekti voitaisiin tuoda molempien osastojen opetusohjelmiin.

1. Taustaa

Viimeisen kolmen vuoden aikana suomalaista yliopisto-opetusta on kehitetty voimakkaasti. Eurooppalaisen Bologna-prosessin tavoitteiden mukaisesti (The Bologna Declaration of 19 June 1999, 1999) myös tekniikan alalle on tuotu kandidaatin tutkinto välivaiheeksi maisteritason opinnoille. Parhaimmillaan tämä uusi tutkintotaso mahdollistaa opiskelijoiden vapaan siirtymisen yliopistosta toiseen koko Euroopan alueella.

Tekniikan kandidaatin tutkinnon perustaminen ja luonnontieteiden kandidaatin tutkinnon rakenteen uudistaminen edellyttivät voimakasta opintokokonaisuuksien uudelleen suunnittelua rakenteellisesti ja sisällöllisesti. Samalla se toi uusia mahdollisuuksia opetuksen kehittämiseksi ja uusien opetusikäntöjen testaamiselle. Tässä artikkelissa esiteltävä katalyytin valmistus-projekti on ensimmäinen tämäntyyppinen kahden eri tiedekunnan välinen monitieteellinen lähestymistapa kandidaatin tason opinnäytetyön

suorittamiseksi Oulun yliopiston Prosessi- ja ympäristötekniikan osastolla ja Kemian laitoksella. Projektin päätavoitteet on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Katalyytin valmistus-projektin tavoitteet.

- | |
|---|
| (1) Tiedekuntien välisen yhteistyön kehittäminen |
| (2) Opiskelijoiden viestintätaitojen kehittäminen monitieteellisissä tilanteissa |
| (3) Opiskelijoiden ongelmanratkaisutaitojen kehittäminen |
| (4) Opiskelijoiden tutustuttaminen erilaisiin työelämän tilanteisiin |
| (5) Lukio-opiskelijoiden tutustuttaminen ja kiinnostuksen herättäminen kemian ja tekniikan yliopisto opintoja kohtaan |

2. Toteutustapa

Katalyytin valmistus-projektin toteutuksessa sovellettiin POPBL (Project Organised Problem Based Learning) opetuksen periaatteita ja siinä korostettiin erityisesti toiminnallista oppimista. POPBL pedagogiikassa on piirteitä projektioppimisesta ja ongelmankeisesta oppimisesta, joita nykypäivän ylempien asteiden opiskelu usein edellyttää. (Bransford & Stein, 1993; Prince, 2004; Rukajärvi-Saarela, 2008)

Projektioppimisella (Project-Based Learning) tarkoitetaan suhteellisen pitkäkestoista, mielekkäiden ongelmien ympärille rakentuvaa prosessia, joka yhdistää eri tieteen tai tiedonalojen käsityksiä ja käsitteitä. Projektiperustaisessa oppimisessa pyritään siihen että opiskelijat ratkaisevat mahdollisimman autenttisia ongelmia täsmentämällä tavoitteenasettelujaan, keskustelemalla ideoista, keräämällä ja analysoimalla tietoa, tulkitsemalla tuloksia, tekemällä johtopäätöksiä ja kommunikoimalla ideoitaan ja löydöksiään toisille sekä arvioimalla omaa oppimistaan. Keskeistä projektioppimiselle on selkeä tavoite, yhteistoiminnallisuus ja vastuualueista sopiminen, tarkka ajallinen kesto sekä projektin kulun seuranta, raportointi ja arviointi. (Etäpelto & Rasku-Puttonen, 1999)

Ongelmanperusteinen oppiminen (Problem-Based Learning, PBL) on opiskelijalähtöinen lähestymistapa oppimiseen ja opettamiseen, jossa oppimisen perustana on oppijoiden aktiivinen tiedonhankinta ja -käsittely sekä itsenäinen ja ryhmässä tapahtuva toiminta. PBL pohjautuu ajatukselle oppimisen tilannesidonnaisuudesta. PBL-pedagogiikassa opettajan toimenkuva muuttuu tiedonjakajasta ja auktoriteetista oppimisen ohjaajaksi, tutkijaksi ja resurssiksi. Arvioinnilla on PBL:n yhteydessä erityinen merkitys. Arviointi ei kohdistu pelkästään oppimistuloksiin, vaan se kohdistuu koko oppimisprosessiin sekä yksilön että ryhmän toimintaan. (Boud & Feletti, 1999) Prince (2004) määrittelee PBL:n lyhyesti menetelmäksi, jossa aluksi esitellään relevantti ongelma opiskelijoille, joka toimii siitä eteenpäin kontekstina ja motivaattorina tulevalle oppimiselle.

Tässä artikkelissa kuvatus projektin toteutuksen suunnittelu aloitettiin keväällä 2008 yhdessä viiden Kemian laitoksen ja viiden Prosessi- ja ympäristötekniikan osaston tutkijan kanssa. Tämänkaltaisen monitieteellinen lähestymistapa opinnäytetyön toteutuksessa oli täysin uusi kaikille toteuttajaosapuolille. Kuitenkin pohjatietoa projektityöskentelystä ja opetusmenetelmästä oli saatavilla kirjallisuudesta (Jaques, 2000; Fry et al., 2009; Melville & Goddard, 1996).

Alustavan suunnittelun jälkeen projektiin otettiin mukaan viisi opiskelijaa molemmilta laitoksilta ja projektin aiheeksi valittiin katalyytin valmistus. Katalyytin valmistus oli sopiva aihealue projektille, koska katalyytitutkimuksessa Oulun yliopistolla on pitkät perinteet ja kemian sekä insinööriosaamisen integroiminen katalyytin valmistuksessa on selkeää. Varsinainen projektin tutkimusaihe jaettiin viiteen osaan, jotka on esitelty kuvassa 1. Osakokonaisuuksien mukaisesti opiskelijat ja ohjaajat jaettiin kemisti-insinööri-työpareiksi, joten jokaiselle aiheelle oli opiskelijapari vastaamassa käytännön toteutuksesta ja ohjaajapari vastaamassa opiskelijoiden opastamisesta ja loppuraportin tarkistamisesta.



Kuva 1. Katalyytin valmistus-projektin osakokonaisuudet.

Päävastuu projektin etenemisestä annettiin opiskelijoille, jotka valittiin loppukeväästä 2008. Työskentelytavan kuvauksen ja aiheiden jaon jälkeen opiskelijapareille annettiin kesän ajaksi tehtäväksi tutustua katalyyysiin ja erityisesti omiin vastuualueisiin. Opiskelijoiden tehtävinä projektissa oli hakea tietoa ja tutustua omaan vastuuaiheeseen, valita käytettävät materiaalit, suunnitella, testata ja aikatauluttaa omaan vaiheeseen liittyvä laboratoriotyöskentely, opettaa aiheeseen liittyvä teoria ja taustatiedot muille opiskelijapareille, ohjata laboratoriotyöskentelyn osuus sekä esittää saaduista tuloksista yhteenveto. Tämän lisäksi opiskelijat toimivat työntekijän roolissa muiden kuin oman vastuualueen toteutuksessa. Projektin loppuvaiheessa opiskelijat suunnittelivat yhdessä opetus- ja tutustumispäivän Kalajoen lukion kokeellisen kemian opiskelijoille.

Opiskelijat tutustuivat projektin toteutuksen yhteydessä myös kokouskäytäntöihin. Vastuuroolissa oleva opiskelijapari kokosi esityslistan ja kutsui kokouksen koolle. Vastuuparin jäsenet toimivat kokouksen puheenjohtajana ja sihteerinä. Kaikki projektiin osallistuvat opiskelijat valmistivat projektin aikana oman katalyytin ja testasivat sitä joko NO:n pelkistyksessä tai etyyliasetaatin hydrolyysissä. Omasta katalyytistä ja omasta vastuuaiheesta kerätyn tiedon opiskelijat käyttivät materiaalina kandidaatin työn tai tutkimusprojektin raportin kirjoituksessa.

Projekti koostui 15 kokouksesta, joiden yhteydessä suunniteltiin projektia, ohjattiin projektin toteuttamista, käsiteltiin edellisten vaiheiden tuloksia, opetettiin seuraavien vaiheiden teoriaa ja koordinoitiin laboratoriotyövaiheita, suunniteltiin lukiolaisten opetusta ja yhteen vedettiin tuloksia. Tämän lisäksi opiskelijat osallistuivat laboratorion työturvallisuuskoulutukseen ja järjestivät keskenään omia epävirallisempia tapaamisia eri vaiheiden toteuttamiseksi. Muina aikoina projektijäsenten yhteydenpito hoidettiin sähköpostitse sekä puhelimitse ja Optima Discendum-oppimisympäristön kautta, jota käytettiin myös materiaalipankkina. Materiaalipankkiin tallennettiin kaikki kokousmateriaalit, pöytäkirjat ja yhteenvedot tuloksista. Nämä materiaalit olivat myöhemmin opiskelijoiden käytössä raportoinnin apuna.

3. Arviointi

Projektin aikana kerättiin systemaattisesti palautetta arviointilomakkeiden avulla. Opiskelijat antoivat palautetta toisten toteuttamien vaiheiden onnistumisesta ja arvioivat omaa onnistumistaan. Vertaisarviointia harjoittelemalla opiskelijat oppivat vastaanottamaan ja antamaan palautetta. Myös opettajat antoivat palautteensa työvaiheen onnistumisesta arviointilomakkeiden avulla. Tällaisella arvioinnilla pyrittiin lähelle normaalin työelämän tilannetta jossa työkaverit (opiskelijat) antavat vertaispalautteen ja esimies (ohjaajat) oman arvionsa työstä (Lindblom-Ylänne & Nevgi, 2007; Brown et al., 1997). Projektissa käytetyt arviointilomakkeet sisälsivät kysymyksiä sekä toteutetun aiheen teoriasta että vaiheen toteutuksen onnistumisesta (esimerkkejä taulukossa 2). Palautetta kerättiin myös lukiolaisilta vierailupäivän yhteydessä.

Projektin aikana ohjaajaparit arvioivat erityisesti oman opiskelijaparinsa suoriutumista käytännön työskentelystä. Jatkuva arviointia käytettiin apuna opiskelijoille annetuissa lausunnoissa. Jokainen opiskelija sai projektin päättymisen jälkeen kirjallisen lausunnon projektiin osallistumisesta ja loppuraportoinnista. Kaikki opiskelijat halusivat, että lausunto on arvioiva, vaikka mahdollisuutena oli myös tehdä lausunnosta enemmän työtodistuksen tyyppinen. Projektin ja raporttien arvioinnin jälkeen opiskelijoille toimitettiin vielä loppupalautekysely.

Taulukko 2. Esimerkkejä arviointikysymyksistä.

Yleisiä kysymyksiä opiskelijoille ja ohjaajille:

Mitä mielestäsi katalyytin aktivoinnilla tarkoitetaan?

Miksi katalyytit kalsinoidaan?

Miksi katalyytit pestiin vedellä? Tiedätkö vaihtoehtoja vesipesulle?

Ymmärsitkö mielestäsi teoriaosuuden? Anna kouluarvosana teoriavaiheen ohjauksesta.

Oliko kokeellinen osuus onnistunut? Anna kouluarvosana kokeellisen osuuden ohjauksesta.

Kysymyksiä vastuuparille:

Kuinka paljon käytit aikaa aloituskokouksen suunnitteluun?
Kuinka paljon käytit aikaa tiedon keräämiseen ennen kokousta ja koejaksoa?
Mitä mieltä olet opettamisesta? (vaikeaa, helppoa, työlästä,...)
Miten yhteistyö parisi kanssa onnistui?
Arvioi työmääräsi verrattuna parisi työmäärään.

Kysymyksiä lukiolaisille:

Mitä ovat katalyytin valmistuksen vaiheet? Mistä aineista heterogeeninen katalyytti koostuu?
Vaikuttiko katalyyssi mielenkiintoiselta aiheelta (kyllä/ehkä/ei)?
Mitä ajatuksia sinulla heräsi yliopisto-opiskelua kohtaan?
Mitkä asiat opetuksessa menivät hyvin/selkeästi?
Mitkä asiat olivat opetuksessa tylsiä/opetuksen olisi voinut suunnitella tai aiheen esittää paremmin?

Opiskelijoille korostettiin projektin toteutukseen liittyvän palautteen keräämisen yhteydessä, että se ei vaikuta henkilökohtaisiin arviointeihin. Huolimatta tästä projektin jälkeen annetuissa loppupalautteissa arviointi oli selvästi kriittisempää. Projektin aikana oli havaittavissa, että palautteen määrä lisääntyi kurssin edetessä. Tämänkaltaisen arviointi yliopistoissa on vielä aika harvinaista ja alkuvaiheessa vertaisarviointi oli opiskelijoille uusi asia. Taulukossa 3 on esitetty opiskelijoiden saamat numeroarvioinnit keskiarvoina sekä vastuup opiskelijoiden itsearviointi.

Taulukko 3. Katalyytin valmistusprojektin arviointi vaiheittain.

	Vastuup opiskelijat	Muut opiskelijat	Ohjaajat
Vaihe 1: Tukiaineen valmistus			
Infotilaisuus	4.00		
Käytännön työn ohjaus	5.00		
Kokouksen järjestäminen	4.75		
Keskiarvo	4.58	3.84	3.58
Vaihe 2: Katalyytin valmistus			
Infotilaisuus	4.00		
Käytännön työn ohjaus	3.50		
Kokouksen järjestäminen	3.00		
Keskiarvo	3.50	4.28	4.25
Vaihe 3: Katalyytin aktivointi			
Infotilaisuus	4.00		
Käytännön työn ohjaus	4.00		
Kokouksen järjestäminen	4.50		
Keskiarvo	4.17	4.34	4.50
Vaihe 4: Nestefaasitestaus			
Infotilaisuus	5.00		
Käytännön työn ohjaus	4.00		
Kokouksen järjestäminen	4.50		
Keskiarvo	4.50	4.50	4.00
Vaihe 5: Kaasufaasitestaus			
Infotilaisuus	3.50		
Käytännön työn ohjaus	4.00		
Kokouksen järjestäminen	4.50		
Keskiarvo	4.00	4.29	4.00

Taulukon numeroarvoja tarkasteltaessa on hyvä pitää mielessä, että ne eivät ole tilastollisesti päteviä otoksen pienuuden vuoksi. Yleisesti havaitaan että muiden

opiskelijoiden ja ohjaajien arvioinnit ovat melko lähellä toisiaan. Vastuupöytäkirjojen oma arvio osaamisesta on ollut hieman alempi kuin muiden arviot, paitsi vaiheen 1 tapauksessa. Opiskelijat arvioivat myös omaa ajankäyttöään projektin aikana (taulukko 4). Kandidaatin työn tulisi vastata noin 1,5 kuukauden työmäärää mukaan lukien kirjoitustyö. Opiskelijoiden arviot omasta ajankäytöstä vaihtelivat 3-33 tunnin välillä. Työpareilla ajankäyttö oli suunnilleen samankaltainen, vaikka osa opiskelijoista arvioi tehneensä pariaan suuremman työn. Vaiheen 4 opiskelijoiden ajankäyttö oli huomattavasti pienempi kuin muilla. Se ei kuitenkaan vaikuttanut vaiheen toteutukseen haitallisesti.

Taulukko 4. Katalyytin valmistusprojektin vastuupöytäkirjojen vaiheisiin käyttämät tuntimäärät.

	Vaihe 1		Vaihe 2		Vaihe 3		Vaihe 4		Vaihe 5	
Opiskelija	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Aloituspalaveri	3	3	5	5	3	3	3	2	10	5
Tiedon haku	30	30	20	20	20	24	3	1	10	15
Yhteensä	33	33	25	25	23	27	6	3	20	20

4. Tulokset

4.1 Tieteelliset tulokset

Opiskelijat päättivät valmistaa projektin aikana heterogeenisen hapetuskatalyytin, jossa aktiivisena metallina oli platina ja tukiaineena alumiinioksidi. Katalyytin valmistuksessa käytettiin platinaprekursorina nitraatti- ja kloridipohjaisia suoloja (tetraamiiniplatina(II)nitraatti ja platina(IV)kloridi). Jokainen opiskelija valmisti oman katalyytin ja testasi sitä mallireaktiossa, joita olivat joko NO:n pelkistys tai etyyliasetaatin hydrolyysi. Opiskelijaparin katalyytit testattiin eri reaktioissa. Testauksen lisäksi katalyyttejä karakterisoitiin eri menetelmillä valmistuksen onnistumisen arvioimiseksi ja katalyytin toiminnan selittämiseksi mallireaktiossa.

Projektissa katalyyttien fysikaalinen ominaispinta-ala määritettiin BET-menetelmällä (Brunauer-Emmett-Teller), jossa käytetään apuna typen fysisorptiota huokoisen aineen pinnalle -196°C lämpötilassa. Katalyytin huokoskokojakauma laskettiin typen desorptioisotermistä BJH -menetelmällä (Barrett-Joyner-Halenda). Katalyytin platinapitoisuuden määrittämistä varten näytteet hajotettiin mikroaaltouunissa kuningasveden avulla. Korkean lämpötilan (200 °C) ja paineen (max. 55 bar) avulla näytteet hajotettiin täydellisesti. Tämän jälkeen näytteiden platinapitoisuus määritettiin ICP-OES-tekniikalla (induktiiviplasma optinen emissiospektrometria). Jalometallin dispersioaste analysoitiin hiilimonoksidin kemisorption avulla. Kemisorptiokoe tehtiin huoneen lämpötilassa. Taulukossa 5 on esitetty valmistettujen katalyyttien ominaisuudet.

Taulukko 5. Katalyyttien ominaisuudet.

Nimi	$\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ raekoko [μm]	Tukiaineen BET-pinta- ala [m^2/g]	Prekursori	Pt-lataus kalsinoinnin jälkeen [mg/g]	Pt-lataus aktivoinnin jälkeen [mg/g]	BET- pinta- ala [m^2/g]	Pt:n dis- persioaste [%]
A	100-150	185	kloridi	10,2	9,5	130	95
B				7,0	7,5	90	95
C				7,6	7,9	120	63
D			nitraatti	9,3	9,9	250	63
E				10,2	9,1	110	47
F	63-100	200	nitraatti	11,1	9,5	190	62
G				11,3	9,1	150	62
H				13,4	12,9	220	31
I			kloridi	8,3	8,0	220	76
J				8,3	8,4	100	45

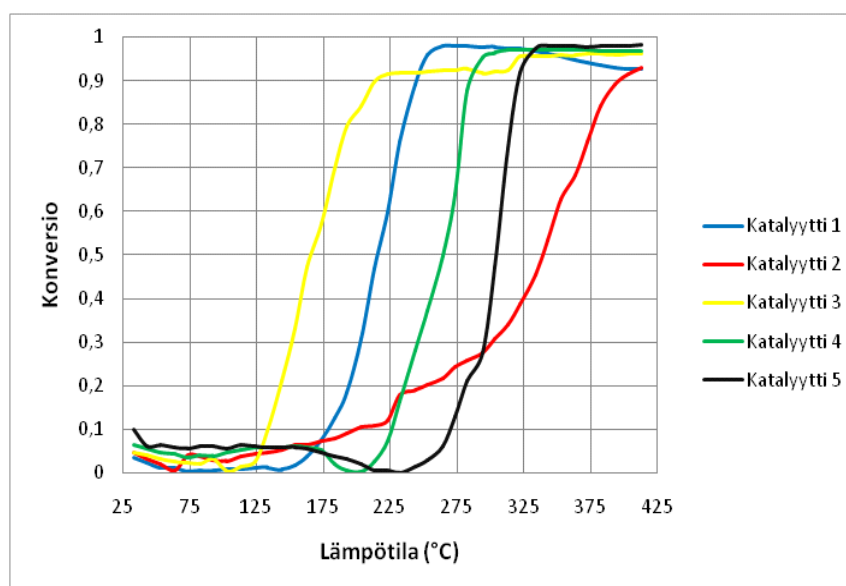
Kuvassa 1 on esitetty katalyytin valmistusvaiheet. Valmistuksen alussa katalyytin tukiaine jauhettiin ja seulottiin haluttuun raekokoon. Tämän jälkeen tukiaine kalsinoitiin 700 °C:n lämpötilassa. Tukiaineen ominaispinta-ala (245 m^2/g) laski hieman kalsinoinnin yhteydessä (185 m^2/g). Tukiaineen huokosten halkaisija kasvoi hieman kalsinoinnissa ja se oli suunnilleen saman suuruinen (15 nm) raekoosta riippumatta.

Varsinainen aktiivinen metalli, platina, lisättiin tukiaineen pinnalle märkäimpregnoimalla. Jalometallin impregnointiaika kaikille katalyyteille oli 17,5 tuntia. Impregnointia seuraava kuivausaika n. 60 °C:n lämpötilassa vaihteli, mutta oli vähintään 51 tuntia. ICP-OES-menetelmän avulla mitattujen platinapitoisuuksien ja kokeessa käytettyjen ainemäärien perusteella laskettujen teoreettisten platinapitoisuuksien avulla määritettiin platinan saantoprosentti katalyytissä. Saantoprosentti eri katalyyteillä vaihteli 73-145 % välillä.

Impregnoinnin ja kuivauksen jälkeen seuranneessa aktivointivaiheessa katalyyttejä kalsinoitiin uudelleen 400 °C:n lämpötilassa neljän tunnin ajan. Kalsinoinnin tarkoituksena oli poistaa mahdolliset epäpuhtaudet ja parantaa platinan dispersiota. Aktivointivaihe sisälsi myös katalyyttien pesun milli-Q-vedellä tai laimealla ammoniakkiliuoksella ja kuivauksen 105 °C:n lämpötilassa. Pesun tarkoituksena oli puhdistaa katalyytin pinnalta mahdolliset epäpuhtaudet, kuten jäännöskloori. Aktivoinnin jälkeen katalyyttien sisältämä platinamäärä, ominaispinta-ala sekä platinan dispersio määritettiin uudelleen. Tuloksista havaittiin, että platinapitoisuudet aktivointivaiheen jälkeen olivat suurin piirtein samoja tai hieman pienempiä. Ominaispinta-alan ja dispersion vaihtelut eri katalyyttien välillä olivat huomattaviakin.

Opiskelijoiden päätelmien mukaisesti osa koetulosten vaihtelusta aiheutui siitä, että katalyyttimateriaali ei ollut tasalaatuista. Tilanteen olisi voinut korjata yksinkertaisesti sekoittamalla katalyyttijauhetta. Tuloksista havaitaan selvästi se, että katalyytin valmistus ei ole suoraviivaista. Vaikka noudatettaisiin samaa valmistustapaa ja samoja ohjeita, voivat lopputulokset olla poikkeavia. Tämä on hyvin tyypillistä katalyytin valmistuksessa laboratorio-olosuhteissa.

Katalyyttien aktiivisuutta testattiin hiilimonoksidin (CO) avulla tapahtuvassa typpimonoksidin (NO) pelkistysreaktiossa. Kaasufaasissa tapahtuvassa testireaktiossa käytettiin pienemmän partikkelikoon katalyyttejä. Testireaktio toteutettiin jatkuvatoimisessa kvartsiputkireaktorissa ja kaasujen analysointi tehtiin jatkuvatoimisen FTIR-analysaattorin avulla. Kokeissa katalyyttien aktiivisuutta tutkittiin syöttämällä tietty reaktiokaasuseos (NO+CO) katalyytille huoneenlämpötilassa ja nostamalla lämpötilaa 10 °C/min tavoitelämpötilaan 425 °C. Testattavien katalyyttien aktiivisuutta tarkasteltiin vertaamalla katalyyttien syttymislämpötiloja ts. lämpötiloja, joissa NO:n konversio saavutti 50 % tason. Saadut NO konversiot on esitetty kootusti kuvassa 2.



Kuva 2. NO konversiokuvaajat lämpötilan funktiona (Mankinen, 2009).

Tuloksista havaitaan, että nitraattiprekursorilla valmistetut katalyytit (1-3) toimivat kloridiprekursorilla (4 ja 5) valmistettuja paremmin lukuun ottamatta katalyyttiä 3. Katalyytin 3 valmistuksessa tai testauksessa voidaan olettaa tapahtuneen kokeellista virhettä. Kaikki katalyytit olivat kuitenkin aktiivisia tässä testireaktiossa.

Katalyyttien toimivuutta nestefaasissa testattiin etyyliasetaatin hydrolyysireaktiolla. Reaktiossa etyyliasetaatti hapettuu muodostaen etikkahappoa ja etanolia. Reaktio toteutettiin kolmikaulakolvissa, jota lämmitettiin öljyhauteella reaktioseosta samalla sekoittaen. Reaktiossa käytettiin suurempaa raekokoa olevaa katalyyttiä (2 g/l). Etikkahapon muodostumista seurattiin happo-emästitrauksella. Kloridiprekursorista valmistetut katalyytit toimivat hydrolyysireaktiossa hieman nitraattiprekursoreista valmistettuja katalyyttejä paremmin, mutta muodostuneet etikkahappomäärät olivat hyvin pieniä.

4.2 Tavoitteiden toteutuminen

Tiedekuntien välisen yhteistyön kehittäminen

Tämän kaltaisen opetusprojektin toteuttaminen on hyvä keino tiedekuntien ja laitosten välisen yhteistyön kehittämiseksi. Tutkijoiden välinen yhteistyö lisääntyi selvästi projektin kautta, kun osapuolet oppivat tuntemaan toistensa erikoisosaamisalueita ja kiinnostuksen kohteita. Kynnys yhteisten projektien aloittamiselle, mutta myös jaettujen opinnäytetöiden ohjaukselle aleni selvästi. Projektin aikana myös opiskelijat oppivat tuntemaan toisensa ja saivat hyvät kontaktit ohjaajatahoille.

Opiskelijoiden kommunikaatiotaitojen kehittäminen monitieteellisissä tilanteissa

Opiskelijat saivat hyvää kokemusta kommunikoinnista ja ryhmätyöskentelystä erilaisen osaamistauhan omaavien ihmisten kanssa. Esiintymiskokemusta he saivat kokoustilanteissa ja hieman eri näkökulmaa aiheeseen toivat lukiolaisten opetuksen suunnittelu ja toteutus. Koska projektivaiheiden toteutukset olivat riippuvaisia toisistaan, täytyi vastuuparien neuvotella sopivasta vaiheiden toteusaikataulusta keskenään. Tämänkaltaisen yhteydenpito toteutui varsinaisten kokousaikojen ulkopuolella. Palautteen ja ohjaajien havaintojen perusteella voidaan sanoa, että parityöskentelyssä vastuu jakautui joskus hieman epätasaisesti. Pääsääntöisesti kemian opiskelijat olivat insinööriopiskelijoita valmiimpia kantamaan vastuuta oman vaiheen toteuttamisesta, mutta poikkeuksiakin oli havaittavissa.

Opiskelijoiden ongelmanratkaisutaitojen kehittäminen ja opiskelijoiden tutustuttaminen erilaisiin työelämän tilanteisiin

Projektin toteutuksen aikana esiintyi useita pieniä käytännön ongelmia, kuten materiaalien ja tarvikkeiden saatavuus, laboratoriotilojen järjestäminen, kokousten ja töiden aikataulutus, edellisten vaiheiden tulosten ja toteutuksen raportointi seuraavalle vaiheelle jne. Omaa vastuuvaihettaan suunniteltaessa opiskelijat törmäsivät usein tilanteeseen, jossa heidän piti ottaa nopeasti yhteyttä edellisen vaiheen vastuupariin toteutuksen yksityiskohdista. Tämä oli monille opiskelijoista ensimmäinen kerta opiskelutilanteessa, kun kukaan ei ollut neuvomassa miten asia täytyy tehdä ja he joutuivat itsenäisesti miettimään järkeviä ratkaisukeinoja. Osa opiskelijoista jäikin kaipaamaan enemmän ohjausta. Myös se, että ongelmatilanteista keskusteltiin kokouksissa julkisesti, oli joidenkin opiskelijoiden mielestä epämukavaa. Ohjaajataholla oli yllättävää ja huolestuttavaakin huomata, miten vaikealta ongelman ratkaisutavan löytäminen vaikutti. Tämänkaltaisen projektin kautta ongelmanratkaisutaitojen kehittäminen vaikuttaa ensiarvoisen tärkeältä erityisesti jo opintojen alkuvaiheessa. Nykyisin on havaittavissa, että osa opiskelijoista odottaa että osaaminen tarjotaan heille valmiiksi muokattuna, jolloin aktiivinen ongelmanratkaisuosaaaminen jää omaksumatta.

Lukio-opiskelijoiden tutustuttaminen ja kiinnostuksen herättäminen kemian ja tekniikan yliopisto-opintoja kohtaan

Tämän tavoitteen toteutumiseen yliopisto-opiskelijat paneutuivat erityisellä innolla. Vierailupäivä sisälsi lyhyen teoriaosuuden, missä kuvattiin katalyytin valmistusta ja testausta. Tämän jälkeen lukio-opiskelijat jakautuivat ryhmiin laboratoriotyöskentelyä

varten. Laboratoriossa katalyytin valmistusvaiheita toteutettiin erilaisten mallikokeiden ja demonstraatioiden avulla. Katalyytin kaasufaasitestauksesta oli tarjolla videoesitys. Jotkin laboratoriotyövaiheista olivat lyhyempiä kuin toiset, ja odotusaikana vastuuparit esittelivät lukiolaisille yliopisto-opiskelua sekä opiskeluelämää. Myös lukiolaiset osallistuivat mielenkiinnolla projektiin. Tällainen aktiivinen yliopistoon tutustuminen projektiin osallistumisen kautta on hyvin keskeisessä roolissa madallettaessa käsityksiä yliopisto-opiskelun vaikeudesta. Yhteistyö helpottaa ja kannustaa lukiolaisia hakeutumaan jatkossa matemaattisluonnontieteellisille ja teknisille aloille. Projektiin osallistuneet lukiolaiset kirjoittivat kemian hyvin. Heidän keskiarvonsa vastasi arvosanaa m. Lukiolaiset saivat opiskelupaikkoja yliopistossa kemian, fysiikan, biokemian, biologian ja konetekniikan parissa. Muutaman opiskelupaikka oli vielä artikkelia kirjoitettaessa avoin. Lukiolaisten opetuspäivästä on julkaistu juttu myös Dimensio 02/2009 lehdessä (Ojala, 2009).

5. Kehitystarpeet ja palaute

Suurimmat ongelmat projektin aikana aiheutuivat yhteisen ajan löytämisestä kokouksille ja työvaiheiden toteuttamiselle. Melko suuresta ohjaaja/opiskelija suhteesta (yksi ohjaaja yhtä opiskelijaa kohden) aiheutuen sopivien kokousaikojen löytäminen oli miltei mahdotonta. Lisäksi ongelmia aiheutui siitä, että projektia ei oltu sisällytetty opiskelijoiden lukujärjestykseen ja päällekkäisyyksiä muiden kurssien kanssa esiintyi. Opiskelijoiden sitoutuminen oli kuitenkin erityisen kiitettävää, ja poissaolot liittyivät lähinnä tenttiaikatauluun. Projekti olisi ehkä mahdollista toteuttaa pienemmällä ohjaajaryhmällä. Tällä ensimmäisellä kerralla ohjaajaryhmästä haluttiin kuitenkin suuri, jotta yhdelle ohjaajalle kohdistuva oman toimen ohella tehty lisätyömäärä minimoituisi.

Kuten jo edellä mainittu, palautteen perusteella muutama opiskelijoista koki jääneensä yksin ongelmatilanteissa ilman riittävää ohjausta. Tämä oli kuitenkin tarkoituksenmukaista ja sillä pyrittiin simuloimaan työelämän tilanteita, joissa ei aina ole paikalla henkilöä, joka osaisi neuvoa. Oppimisen kannalta tämänkaltaisen tilanne on hyvä, ja varsinkin kun projektin aikana esiintyneet ongelmat saatiin kaikki ratkaistua. Kemian opiskelijat esittivät, että projektikokonaisuus saattoi olla aihealueeltaan opettavaisempi insinööriopiskelijoille kuin kemian opiskelijoille. Tämä on hyvinkin mahdollista, koska projektiin osallistuneilla kemian opiskelijoilla oli vahva kemian tausta ja huomattavasti insinöörejä parempi laboratoriotyöskentelykokemus. Kandidaatintyövaiheessa prosessitekniikan opiskelijoilla ei myöskään ole kovin vahva teknisen osaamisen tausta, koska opinnot koostuvat pääasiassa yleisaineista (fysiikka, kemia, matematiikka). Parhaimmin toteutettuna tämän kaltaisen projekti käsittelisi aihetta, johon molempien tiedekuntien opiskelijat voisivat tuoda ja soveltaa omaa erikoisosaamistaan. Tästä syystä uusien projektien yhteydessä esisuunnitteluun ohjaajataholla tulisi kiinnittää vielä tarkempaa huomiota. Yksi ehdotettu parannusvaihtoehto oli myös laboratoriotyöskentelyn minimoiminen ja toteuttaminen demonstraatiotyyppisesti. Tällä tavoin säästettäisiin aikaa ja resursseja laboratoriotyöstä, jolloin voitaisiin panostaa enemmän suunnitteluun ja organisoimiseen sekä itse aiheeseen liittyvän teorian omaksumiseen. Tosin, osa opiskelijoista oppii asiat paremmin käytännön työn yhteydessä. Näitä asioita kannattaa projekteja suunniteltaessa pohtia syvällisemmin.

Projekti osoittautui hyvin onnistuneeksi opetusmuodoksi. Kaikki projektiin osallistuneet opiskelijat valmistuivat ja saivat viimeisteltyä loppuraporttinsa. Projektin intensiivivaihe päättyi loppuvuodesta 2008 ja viimeiset raportit valmistuivat loppukeväästä 2009.

6. Loppupäätelmä

Kokonaisuudessaan projekti oli onnistunut ja opiskelijoilta sekä ohjaajilta saatu palaute oli pääasiassa positiivista. Tämän kaltaisessa opetusmuodossa ohjaajien ja opiskelijoiden sitoutuneisuus ja innostuneisuus ovat onnistumisen kannalta tärkeimmässä asemassa. Toteutusta hieman kehittämällä projektista voidaan saada pysyvä kurssi osastojen opetusohjelmaan. Tavoitteena projektin jälkeen on myös yleisen raportin ja toimintaohjeen kirjoittaminen, jolloin vastaavia opetuskokonaisuuksia voitaisiin soveltaa erilaisiin ajankohtaisiin aihekokonaisuuksiin. Aihekokonaisuuksien vaihtelu vuosittain lisää haasteita projektien suunnittelu- ja ohjaustaholle, mikä kannattaa ottaa huomioon projektin ohjausresurssien suunnittelussa.

Keväällä 2009 hanke esiteltiin opetusalan konferenssissa Bridgeportissa USA:ssa (Pitkäaho et al., 2009). Kandidaatintyön toteutustapana tämä erilainen menetelmä sai hyvän ja kiinnostuneen vastaanoton. Erityisesti parityönä tehty osuus ja tiedekuntien välinen yhteistyö kiinnosti ja innosti esitystä seurannutta yleisöä.

Kiitokset

Projektin toteutusta on avustettu Oulun yliopiston tiedekuntien yhteistyöelimen, korkeakouluopetuksen kehittämistoimikunnan (KOTKA) apurahalla.

Lähteet

Boud, D., & Feletti, G. (Toim.) (1999). *Ongelmalähtöinen oppiminen, uusi tapa oppia*. Helsinki, Terra Gognito.

Bransford, J. D., & Stein, B. S. (1993). *The IDEAL problem solver* (2nd ed.). New York, Freeman.

Brown, G., Bull, J., & Pendlebury, M. (1997). *Assessing student learning in higher education*. Lontoo, Routledge.

Eteläpelto, A., & Rasku-Puttonen, H. (1999). *Projektioppimisen haasteet ja mahdollisuudet*. Kirjassa A. Eteläpelto, & P. Tynjälä (Toim.) *Oppiminen ja asiantuntijuus. Työelämän ja koulutuksen näkökulman* (s. 181-205). Juva, WSOY.

Fry, H., Ketteridge, S., & Marshall, S. (2009). *A Handbook for Teaching and Learning in Higher Education: Enhancing Academic Practice*. New York, Routledge.

Jaques, D. (2000). *Learning in Groups. A Handbook for Improving Group Work*. London, Routledge.

Lindblom-Yläne, S., & Nevgi, A. (2007). Oppimisen arviointi – Laadukkaan opetuksen perusta. Kirjassa S. Lindblom-Yläne, & A. Nevgi (Toim.) Yliopisto- ja korkeakouluopettajan käsikirja (s. 253-267). Helsinki, WSOY.

Mankinen, P. (2009). Katalyytin valmistus – Pt/ γ -Al₂O₃-katalyytin testaus typpimonoksidin pelkistysreaktiolla. Oulun yliopisto, Prosessi- ja ympäristötekniikan osasto, Kandidaatintyö 31.

Melville, S., & Goddard, W. (1996). *Research methodology: An introduction for Science and Engineering Students*. Kenwyn, Juta & Co Ltd.

Ojala, P. (2009). Katalyytin valmistus-projekti Oulun yliopistossa. *Dimensio*, 2, 56-57.

Prince, M. (2004). Does active learning work? A review of the research. *Journal of Engineering Education*, 93 (3), 223-246.

Pitkäaho, S., Ojala, S., Heponiemi, A., Turpeinen, E., Huuhtanen, M., Kolli, T., Saukkoriipi, J., Prokkola, H., Niemelä, M., Kangas, T., Lassi, U., & Keiski, R. (2009). Catalyst preparation project – Novel means to carry-out the Bachelor's Thesis work. 2009 Northeast American Society of Engineering Education Conference, Conference Proceedings.

Rukajärvi-Saarela, M. (2008). Workflow and results of Intercultural pilot study for improved school science teaching – Finland in Focus. Final POPBL-Workshop in Emden, Germany 24.09 – 28.09.2008. EU-Project 042936 POPBL “School Science Teaching by Project Orientation - Improving the Transition to University and Labour Market for Boys and Girls”.

The Bologna Declaration of 19 June 1999. (1999). The European Higher Education Area, joint declaration of the European Ministers of Education. http://www.eurashe.eu/FileLib/maindocs/bologna/bologna_declaration1999.pdf, luettu 26.8. 2009.

Jyväskylän yliopiston kemian opettajankoulutuksen arviointi opiskelijapalautteen pohjalta (T)

Jouni Välisaari

Aineenopettajakoulutus, Kemian laitos, Jyväskylän yliopisto

Tutkimuksessa selvitettiin Jyväskylän yliopiston kemian opettajankoulutuksen opiskelijoiden käsityksiä ja mielipiteitä heidän suorittamistaan opinnoista. Ensisijaisesti haluttiin selvittää opiskelijoiden näkemyksiä siitä, miten opinnot vastaavat työelämän tarpeita sekä työelämässä olevien täydennyskoulutustarpeita. Samoin haluttiin selvittää, millaisiin työtehtäviin opinnot eivät antaneet riittävän hyviä valmiuksia.

Tutkimus vastaa tarpeeseen selvittää kemian opettajiksi opiskelevien näkemyksiä opintojen hyödyllisyydestä opettajan työtä ajatellen.

Tutkimus tehtiin lomakekyselynä. Kyselykaavake sisälsi sekä monivalintakysymyksiä, asteikollisia että avoimia kysymyksiä. Kysely tehtiin kokonaistutkimuksena marras-joulukuussa 2007. Tutkimusaineisto koostui 19 Jyväskylän yliopiston kemian laitoksen opettajankoulutuksessa opiskelevan tai aiemmin opiskelleen vastauksesta. Vastaaajilta kysyttiin sekä Likert-asteikollisia että avoimia kysymyksiä.

Tutkimustulosten mukaan ydinasiat kemian opettajan koulutuksessa ovat kunnossa. Tulevat opettajat kokevat saavansa riittävät sisältötiedot ainakin pääaineestaan. Opetettavan aineen hyvä sisältötiedon hallinta onkin tärkeä aineenopettajan ominaisuus. Kemian laitoksen opettajankoulutuksen opetuksesta tullut palaute oli valtaosin positiivista. Kokeelliseen opetukseen valmentaminen, johon opinnoissa on voimakkaasti panostettu, vaikuttaa onnistuneen hyvin. Opinnot koettiin myös käytäntöön, opettajan työhön, liittyviksi.

1. Johdanto

Kemian aineenopettajan korkeakouluopinnot koostuvat pääosin kemian, muiden opetettavien aineiden ja kasvatustieteen opinnoista. Jyväskylän yliopistossa aineenopettajaksi opiskelevat tekevät maisterin tutkinnon, jonka laajuus on vähintään 300 opintopistettä. Tutkinto sisältää tavallisimmin kahden opetettavan aineen opinnot, pääaineessa 120 op ja toisessa opetettavassa aineessa 60 op, sekä opettajan pedagogiset aineopinnot 60 op. Suurin osa opettajaksi valmistuvien opinnoista on siis suoritettu matemaattis-luonnontieteellisen tiedekunnan omilla laitoksilla. Aineenhallintaa pidetäänkin merkittävänä opettajan taitona ja luonnontieteen opettajankoulutuksessa halutaan kouluttaa opettajia, joilla on hyvä sisällönhallinta. (Villani *et al.* 2009) Kuitenkin kansainvälisessä kirjallisuudessa on esitetty myös huolestuneita kannanottoja opettajien osaamisen ja opettajankoulutuksen suhteen: opettajien sisällönhallinnan epäillään olevan puutteellista. (Coştu 2008; Crosby 1997; Ohana 2000; Taylor *et al.* 2008) Kun tarkastellaan luonnontieteiden oppimista kokonaisuutena, luonnontieteiden opettajankoulutuksen koetaan olevan keskeisessä asemassa hyviin oppimistuloksiin pyrittäessä. (Flick 2006)

Opettajankoulutuksessa työskennellään vuorovaikutuksessa aineopintojen ja pedagogisten opintojen kanssa. Yhteistyötä eri opettajankouluttajatahojen kesken pidetään tärkeänä. (Flick 2006) Jyväskylän yliopiston kemian aineenopettajan opinnot sisältävät kemian

aineopintojen opintojen ohella sisältävät opettamiseen suuntaavia ja käytännön koulutyöhön tietoja ja taitoja antavia kursseja. (Välisaari 2008) Pedagogisia ja ainedidaktisia taitoja hankitaan lisäksi opettajankoulutuslaitoksen järjestämissä pedagogisissa opinnoissa, joihin keskeisenä kuuluvat normaalikoululla tehtävät opetusharjoittelujaksot. Aineenopettajaksi opiskelevien opintoja on pyritty tietoisesti rakentamaan Jyväskylän yliopiston matemaattis-luonnontieteellisen tiedekunnan ainelaitosten opettajankoulutuksen, opettajankoulutuslaitoksen ja normaalikoulun välisellä kolmikantayhteistyöllä. Opettajankouluttajien monimuotoinen yhteistyö tähtää aineenopettajiksi opiskelevien yhtenäiseen opintopolkuun, minkä eri vaiheet antavat opiskelijalle realistisen ja innostavan kuvan opettajan työstä ja työn haasteista. (Kemian laitos 2009)

Hyvän koulutuksen tason ylläpitämiseksi ja opetuksen kehittämiseksi on välttämätöntä arvioida omaa työtä kriittisesti. Jyväskylän yliopiston kemian opettajankoulutuksen laatua haluttiin arvioida kysymällä opiskelijoilta heidän kokemuksiaan ja näkemyksiään kemian aineenopettajan opinnoista.

2. Tutkimus

Tutkimuksessa selvitettiin Jyväskylän yliopiston kemian opettajankoulutuksen opiskelijoiden käsityksiä ja mielipiteitä heidän opinnoistaan. Osa opiskelijoista oli jo maisterin tutkinnon suorittaneita ja työelämässä, osa oli loppuvaiheessa opintoja olevia opiskelijoita. Tutkimus rajattiin vuoden 2003 jälkeen kemian laitoksella opiskelleisiin. Tutkimuksessa haluttiin selvittää opiskelijoiden näkemyksiä siitä, miten opinnot vastaavat työelämän tarpeita sekä kartoittaa työelämässä olevien täydennyskoulutustarpeita. Tutkimuksessa haluttiin keskittyä ennen kaikkea kemian opettajankoulutuksen omiin opintoihin ja selvittää näin kemian laitoksen omien opintojen toimivuutta. Työssä kartoitettiin myös, mitä suorittamiaan opintoja opiskelijat pitivät hyödyllisinä opettajan työn kannalta. Samoin haluttiin selvittää, millaisiin työtehtäviin opinnot eivät antaneet riittävän hyviä valmiuksia sekä mitä uusia ja ennakoimattomia asioita opettajan työhön kuuluu.

2.1 Tutkimuskysymykset

Tutkimuskysymykset muotoiltiin seuraavasti:

1. Miten hyödyllisiksi opiskelijat kokevat suorittamansa opinnot opettajan työtä ajatellen?
2. Mitä uusia sisältöjä opiskelijat kaipaavat opintoihinsa?
3. Ovatko opettajien kemian tiedot ja pedagoginen osaaminen riittävällä tasolla?
4. Mihin opetustyöhön liittyviin asioihin opinnot ovat antaneet hyvät ja huonot valmiudet?
5. Millaisia yllättäviä, uusia tai ennakoimattomia asioita opettajan työhön on liittynyt?
6. Millaista täydennyskoulutusta opiskelijat kokevat tarvitsevansa?

2.2 Tutkimuksen toteutus

Tutkimus tehtiin lomakekyselynä. Jokaiselle vuoden 2003 jälkeen kemian laitoksen opettajankoulutuslinjalle opiskelleille kemian pääaineopiskelijalle lähetettiin kyselykaavake. Kyselykaavake sisälsi sekä monivalintakysymyksiä, asteikollisia että avoimia kysymyksiä. Kysely tehtiin kokonaistutkimuksena, koska kohderyhmä oli verrattain pieni ja kaikkien opiskelijoiden osoitetiedot olivat saatavilla.

Tutkimus toteutettiin postikyselynä marras-joulukuussa 2007. Kysely lähetettiin yhteensä 30 opiskelijalle, joista 19 (64 %) vastasi kyselyyn. Tutkimusaineisto koostui siis 19 Jyväskylän yliopiston kemian laitoksen opettajankoulutuksessa opiskelevan tai aiemmin opiskelleen vastauksesta.

Taustatietojen (sukupuoli, ikä, suoritettujen opintojen määrä, työkokemus opettajan työssä, muut opetettavat aineet) lisäksi vastaajilta kysyttiin likert-asteikollisia ja avoimia kysymyksiä.

Opiskelijoita pyydettiin arvioimaan suorittamiensa kemian opettajankoulutuksen kurssien sekä joidenkin muiden opettajankoulutukseen kuuluvien opintojen hyödyllisyyttä opettajan työtä ajatellen likert-asteikollisilla kysymyksillä.

Avoimilla kysymyksillä haluttiin selvittää opiskelijoiden kokemia positiivisia ja negatiivisia asioita kemian opettajankoulutuksen opinnoissa. Selvitettiin myös, millaisia puuttumaan jääneitä sisältöjä opiskelijat olisivat kaivanneet opintoihinsa. Kysymykset olivat avoimia, koska tutkimushenkilöille haluttiin antaa mahdollisuus kuvailla vapaasti omia ajatuksiaan.

Opettajantyöstä kokemusta hankkineilta kysyttiin avoimilla kysymyksillä heidän arviotaan siitä, mihin opetustyöhön liittyviin asioihin opinnot ovat antaneet hyvät ja huonot valmiudet, millaisia heille yllättäviä, uusia tai ennakoimattomia asioita opettajan työhön kuuluu sekä millaista täydennyskoulutusta he kokevat tarvitsevana.

2.3 Tutkimusmenetelmä

Likert-asteikollisista kysymyksistä laskettiin keskiarvot ja keskihajonnat.

Vastaukset avoimiin kysymyksiin analysoitiin aineistolähtöisen sisällönanalyysin avulla. Tavoitteena oli pelkistää opettajien ja opettajaksi opiskelevien vastauksia sekä luoda tiivis ja selkeä sanallinen kuvaus vastaajien mielipiteistä. Tavoitteena oli pystyä tekemään selkeitä ja luotettava johtopäätöksiä aineistosta.

Aineistolähtöisen sisällönanalyysin tarkoituksena on koota aineistosta selkeä, mielekäs ja yhtenäinen kokonaisuus. (Krippendorff 1985; Tuomi & Sarajärvi 2004) Analyysin aluksi tutkimusaineisto puretaan osiin, käsitteellistetään ja kootaan loogiseksi kokonaisuudeksi. Aineiston ryhmittelyssä eli klusteroinnissa aineistosta etsitään samankaltaisuuksia. Samaan asiaan liittyvät käsitteet ryhmitellään ja yhdistetään luokaksi. Aineiston abstrahoinnissa luokkia yhdistellään: pelkistämällä pyritään muodostamaan yleiskäsitteitä.

Abstrahoinnissa pyritään erottamaan oleellinen tieto, jonka perusteella muodostetaan teoreettinen käsitteistö ja kuvaus tutkimuskohteesta. Analyysituloksia voidaan myös kvantifioida eli tuottaa määrällisiä tuloksia sanallisesta aineistosta. Kvantifiointi tuo laadullisen aineiston tulkintaan uuden näkökulman. Ongelmallisena pidetään sitä, että laadulliset aineistot ovat kvantifiointiin usein liian pieniä.

3. Tulokset ja pohdinta

Tutkittavista naisia oli 17 ja miehiä 2. Maisterin tutkinnon oli suorittanut 10 vastaajaa (n=19). Kokemusta opetustyöstä oli 15 vastaajalla (n=19).

Opiskelijat arvioivat opintojensa hyödyllisyyttä opettajan työtä ajatellen likertasteikollisilla kysymyksillä. Opiskelijoiden vastauksista laskettiin keskiarvot ja keskihajonnat. Tulokset on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Opintojen hyödyllisyys opettajan työtä ajatellen. Keskiarvot ja keskihajonnat. Kysymys: Arvioi seuraavien opintojen hyödyllisyyttä opettajan työlle. Missä määrin olet kokenut kurssin tai opintokokonaisuuden hyödyllisenä omaa opettajanuraasi ajatellen? 0 = en ole käynyt kurssia; 1 = en osaa sanoa; 2 = en lainkaan hyödyllisenä; 3 = hieman hyödyllisenä; 4 = melko hyödyllisenä; 5 = erittäin hyödyllisenä.

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Kokeellinen kemia koulussa	18	1	4	3,39	,778
Kemian opetuksen käsitteet ja ilmiöt	14	2	4	3,43	,756
Kemian opettajan seminaari	5	1	3	2,00	,707
Laboratoriotyöt kemian opetuksessa	11	2	4	3,55	,688
Mikrokemian työt kemian opetuksessa	5	3	4	3,60	,548
Kirjatenti	3	2	3	2,67	,577
Kemian opettajankoulutuksen kansainvälinen kurssi	4	3	4	3,50	,577
Kemian opettajan syventävät harjoitustyöt	9	2	4	2,33	,707
Pro gradu –tutkielma	9	2	4	3,33	1,000
Muut kemian opinnot	17	2	4	2,82	,636
Kasvatustieteen perusopinnot	17	1	4	2,29	,686
Kasvatustieteen pedagogiset aineopinnot OKL:ssa	17	2	4	3,00	,612
Harjoittelu normaalikoululla	16	2	4	3,75	,577
Kenttäharjoittelu	12	2	4	3,75	,622
Valid N (listwise)	0				

Eri kurssien arvioijien määrät vaihtelivat sen mukaan, kuinka moni vastaajista oli kyseisen kurssin suorittanut. Opettajan työn kannalta hyödyllisimmiksi arvioituja kursseja tai opintokokonaisuuksia olivat harjoittelu normaalikoululla ($m=3,75$; $n=16$), kenttäharjoittelu ($m=3,75$; $n=12$), KEMS705 Mikrokemian työt kemian opetuksessa ($m=3,60$; $n=5$) sekä KEMS704 Laboratoriotyöt kemian opetuksessa ($m=3,55$; $n=11$). Tulos on perusteltu, koska kyseiset kurssit ovat tiiviissä yhteydessä opettajan käytännön työhön. Vähiten hyödyllisiksi koettuja kursseja tai opintokokonaisuuksia olivat KEMS703 Kemian opettajan seminaari ($m=2,00$; $n=5$), joka on kemian opetuksen tutkimukseen valmistava kurssi, sekä kasvatustieteen perusopinnot ($m=2,29$; $n=17$), jotka on ilmeisesti koettu liian yleisluontoisina. Suurin keskihajonta on Pro gradu -tutkielmalla ($m=3,33$; $sd=1,00$; $n=9$), ehkä sen vuoksi, että osa opiskelijoista on löytänyt tiiviisti opettajan työhön nivoutuvan aiheen, osa puolestaan ei.

Opiskelijoilta kysyttiin palautetta kemian opettajankoulutuksen opinnoista. Hyviksi koettuina asioina vastauksissa korostuivat kokeellisten töiden tekeminen, opetuksen laatu ja opintojen liittyminen opettajan työn käytäntöön, huonoina tai tarpeettomina asioina opiskelijat mainitsivat joitakin kemian tai kasvatustieteiden kursseja.

Positiiviseksi asiaksi koettiin kokeellisten töiden tekeminen (12 mainintaa). Kokeellisia töitä tehdään kemian opettajankoulutuksen opinnoissa usealla aine- ja syventävien opintojen kurssilla. Hyväksi koettiin kokeellisten töiden liittyminen opettajan työhön ja töiden monipuolisuus. Myös teoriataustan syvälliseen pohdintaan oltiin tyytyväisiä.

Opetuksen laatuun liittyvät asiat nousivat myös esiin palautteessa (13). Opiskelijat antoivat palautetta yleisesti hyvästä opetuksesta, sopivan pienistä opetusryhmistä, kurssisisältöjen monipuolisuudesta, opiskelijalähtöisyydestä, hyvästä ilmapiiristä ja perusteellisesta syventymisestä käsiteltyihin teemoihin.

Opiskelijat arvostivat opintojen liittymistä käytännön opettajan työhön (7). Käytännönläheisyyttä tavoitellaankin opettajankoulutuksen opinnoissa esim. koululaisryhmien vierailujen liittämällä kursseihin.

Huonoina tai tarpeettomina mainittiin joitakin kemian (7) tai kasvatustieteen (4) kursseja tai opintokokonaisuuksia. Kemian opinnoista mainittiin erikseen fysikaalisen kemian haastavat kurssit, kemian aineopinnot yleisesti, kemian aineopintojen laboratoriotöiden suuri määrä ja kemian opettajan seminaari. Kasvatustieteen opinnoista mainittiin turhat aineopintojen luennot, tuntien kuuntelut ja aineopintojen kotiryhmät. Lisäksi negatiivisina asioina mainittiin kurssisisältöjen päällekkäisyys etenkin opetusharjoitteluvuonna ja suuri raportoinnin määrä. Osa opiskelijoista ei pitänyt mitään osaa opinnoista huonoina tai tarpeettomina. (5)

Opiskeltujen sisältöjen lisäksi opintoihin haluttiin kuuluvan koululaboratorioon liittyviä asioita (4), kokeneiden opettajien opetukseen tutustumista (4) sekä kemian historiaa (2). Opiskelijat toivoivat työturvallisuuteen, varaston hoitoon sekä jätteiden käsittelyyn liittyvien asioiden käsittelyä. Teeman käsittelyä opinnoissa onkin lisätty ja nykyisin opiskelijat tutustuvat koululaboratorioon liittyviin teemoihin MFKA:n kustantaman oppaan avulla. Lisäksi opiskelijat olisivat kaivanneet opinnoiltaan enemmän kenttäharjoittelua ja vierailuja eri kouluihin. Yksittäisiä mainintoja saivat yläkoulun

kemian oppikirjoihin tutustuminen, kurssisuunnitelmien tekeminen ja pohtiminen yhdessä, erityispedagogiikka, seminaarit, tiedonhankinnan opiskelu ja opinto-ohjaus.

Opiskelijat totesivat opintojen antaneen hyvät valmiudet työhön (9). Toiveena oli saada kemian opettajankoulutukseen vieläkin enemmän kursseja (2) ja myös sivuaineopiskelijoille toivottiin kemian opettajankoulutuksen kursseja (2).

Käytännön kokemusta opettajantyöstä saaneiden mukaan opinnot olivat antaneet hyvät valmiudet opetettavan aineen hallintaan (13). Usein mainittiin myös hyvät valmiudet kokeellisuuden käyttöön opetuksessa (10) ja hyvät pedagogiset valmiudet (6). Pedagogisista valmiuksista mainittiin tuntien suunnittelu, oppikirjoihin tutustuminen, kriittisyys oppikirjoja kohtaan ja hyvä motivaatio opettajan työhön.

Opiskelijat kokivat, etteivät he olleet saaneet valmiuksia opintojensa aikana oppilashuoltoon liittyviin asioihin (10), erityisoppilaiden opetukseen (5) eikä pedagogiseen sisältötietoon liittyviin asioihin (2). Oppilashuoltoon liittyvissä asioissa mainittiin erikseen vaikean oppilaan kohtaaminen, työrauhaongelmat, oppilaan käyttäytymisen arviointi ja luokanvalvojana toimiminen. Erityisoppilaiden opetus haastavana asiana nostettiin painokkaasti esiin useissa vastauksissa.

Opiskelijoilta kysyttiin myös, millaisia heille yllättäviä, uusia tai ennakoimattomia asioita opettajan työhön on liittynyt; mitä he eivät etukäteen tienneet opettajan työstä. Yllättävinä asioina opiskelijat kokivat etenkin työn sisältöön (7) ja ajankäyttöön (5) kuuluvia asioita. Työn sisältöön liittyen hämmästeltiin kasvatustyön suurta osuutta sekä työn monipuolisuuden ja opetustilanteiden moninaisuuden aiheuttamaa vaativuutta ja haasteellisuutta. Ajankäyttöön liittyen esille nousivat tuntien suunnitteluun kuluva suuri aika sekä paperi- ja hallinnollisen työn suuri osuus kokonaistyöajasta. Yksittäisiä mainintoja olivat kirjojen ja välineiden hankkiminen, suuret tasoerot oppilaiden ja luokkien välillä, opetustyön vaativuus tavallisessa koulussa verrattuna harjoittelukouluun sekä se, miten voimakkaasti koulun ilmapiiri vaikuttaa oppimiskulttuuriin. Lisäksi eräs vastaaja totesi opetustyön olevan paljon odotuksia mukavampaa.

Täydennyskoulutukselta vastaajat odottivat useimmiten omien tietojen – sekä kemian alan että opetusalan – päivitystä (8) sekä uusia ajatuksia omaan opetustyöhön. Lisäksi kaivattiin enemmän muiden opetettavien aineiden korkeakouluopintoja (5), joita osa olikin jo ryhtynyt suorittamaan.

4. Johtopäätökset

Tutkimus vastasi todelliseen tarpeeseen selvittää kemian opettajiksi opiskelevien näkemyksiä opintojen hyödyllisyydestä opettajan työtä ajatellen ja kyselylomake tehtiin tämän tavoitteen pohjalta. Kyselylomakkeen avulla pystyttiin selvittämään opiskelijoiden mielipiteitä eri kursseista. Tutkimus oli hyödyllinen ja antoi vastauksia todellisiin tutkimusongelmiin.

Tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että ydinasiat kemian opettajan koulutuksessa ovat kunnossa. Tulevat opettajat kokevat saavansa riittävät sisältötiedot ainakin pääaineestaan. Kirjallisuudessa esitetyt tulokset, joiden mukaan opettajien sisällönhallinta

on puutteellista (Coştu 2008; Crosby 1997; Ohana 2000; Taylor *et al.* 2008) eivät saa tukea tässä tutkimuksessa selvitetystä opettajien omista näkemyksistä. Opetettavan aineen hyvä sisältötiedon hallinta onkin tärkeä aineenopettajan ominaisuus ja keskeinen edellytys opettajan työssä viihtymiselle ja menestymiselle.

Kemian laitoksen opettajankoulutuksen opetuksesta tullut palaute oli valtaosin positiivista. Kokeelliseen opetukseen valmentaminen, johon opinnoissa on voimakkaasti panostettu, vaikuttaa onnistuneen hyvin. Opinnot koettiin myös käytäntöön, opettajan työhön, liittyviksi. Negatiivinen palaute koski valtaosin tiettyjä kursseja tai kokonaisuuksia. On valitettavaa, että osa opiskelijoista kokee jonkun kurssin itselleen tarpeettomaksi. Tällöin opiskelijan motivointi kurssilla ei ole onnistunut tai kurssin tavoitteet eivät ole kirkastuneet opiskelijalle.

Koululaboratorioon liittyvien teemojen käsittelyä on lisätty kemian opettajankoulutuksen opintoihin kyselyn tekemisen jälkeen. Samoin uusina asioina ovat tulleet molekyylihallinnukseen ja tietokoneavusteiseen opetukseen perehdyttävä kurssi sekä mittausautomaation liittäminen kurssien laboratoriotöihin.

Osa opettajan työhön sisältyvistä asioista on väistämättä sellaisia, että niitä opitaan vasta työelämässä. Opettajan työn monitahoisuus ja vastuullisuus näyttäytyy vasta käytännön opetustyössä. Esim. oppilashuoltoon ja vanhempien kohtaamiseen liittyvien asioiden harjoittelu ennen työelämään siirtymistä on haastavaa. Asia pitää kuitenkin nostaa esille opettajankoulutusta arvioitaessa. Täydennyskoulutustarve alalla on ilmeinen. Jopa muutamia vuosia työelämässä olleet opettajat tunnistivat selvän koulutustarpeen. Täydennyskoulutusta haluttiin sekä sisältö- että pedagogisiin tietoihin.

Suomalaiset koulut ja oppilaat ovat menestyneet erittäin hyvin kansainvälisissä arvioinneissa. Menestys kertoo, että suomalainen koulu ja opettajankoulutus ovat toimivia järjestelmiä ja perustoiltaan hyvässä kunnossa. Haasteita riittää tulevaisuudessakin. Jatkossa keskeisiä aineenopettajakoulutukseen liittyviä haasteita tulevat olemaan ainakin valmistuneiden opettajien systemaattinen jatkokoulutus ja opettamiseen liittyvän tutkimuksen vahvistaminen.

Lähteet

Coştu, B. (2008). Learning science through the PDEODE teaching strategy: helping students make sense of everyday situations. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education* 4 (1), 3-9.

Crosby, G. A. (1997). The Necessary Role of Scientists in the Education of Elementary Teachers. *Journal of Chemical Education*, 74 (3), 271-272.

Flick, L. B. (2006). Being an elementary science teacher educator. Kirjassa K Appleton (Toim.) Elementary science teacher education: International perspectives on contemporary issues and practice. Lawrence Erlbaum Associates.

Kemian laitos (2009). *Kemian laitoksen koulutusstrategia*. Kemian laitos, Jyväskylän yliopisto. <http://www.jyu.fi/science/laitokset/kemia/intra/tts/kostr2010> (26.3.2009).

Krippendorff, K. (1985). *Content analysis. An introduction to its methodology*. Sage Publications.

Ohana, C. (2000). *Preservice teacher cohorts and their implications for mathematics and science education*. Research monograph. National Institute for Science Education, Wisconsin Center for Educational Research, University of Wisconsin, Madison, USA.

Taylor, A. R., Jones, M. G., Broadwell, B., & Oppewal, T. (2008). Creativity, inquiry, or accountability? Scientists' and teachers' perceptions of science education. *Science Education*, 92 (6), 1058-1075.

Tuomi, J. & Sarajärvi, A. (2004). *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi*. Jyväskylä: Gummerus.

Villani, A., de Almeida Pacca, J. L., & de Freitas, D. (2009). Science teacher education in Brazil: 1950-2000. *Science & Education* 18 (1), 125-148.

Välisaari, J. (2008). Tiedekunnan opettajankoulutus vuonna 2007. Julkaisussa: Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta, vuosikatsaus 2007. Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta, Jyväskylä.
<http://www.jyu.fi/science/tiedekunta/vuosikatsaukset/vk> (26.3.2009).

Liite 1 – Kemian opetuksen päivät 2009 – Ohjelma



Kemian opetuksen päivät 2009

16.–17.4.2009 Helsingissä

Kemian laitos
A. I. Virtasen aukio 1
Kumpulan tiedekampus
Helsinki



Ohjelma ja abstraktit:

www.helsinki.fi/kemma/

Tervetuloa!

Ohjelma – torstai 16.4.

puheenjohtajana opetusneuvos Marja Montonen, Opetushallitus

Aika	Teema	Esiintyjä
12.00	Ilmoittautuminen ja aulanäyttelyt avautuvat, kahvitarjoilua, aula	
13.00	Päivän avaus, Luentosali A110	Opetusneuvos Marja Montonen Opetushallitus
13.15	Arkipäivän kemiaa – keittiökemiaa, Luentosali A110 Kemiaa keittiössä	Tutkimusprofessori Anu Hopia Turun Yliopisto
14.00	Kommenttipuheenvuorot, Luentosali A110 Yhteistyö kotitalousopettajien kanssa Kemian opettajan kokemuksia – kysymyksiä ja keskusteluja	Toiminnanjohtaja Anni-Mari Syväniemi Kotitalousopettajien Liitto ry. Kemian lehtori Salla Piipponen Kotkan keskuskoulu
14.45	Tauko, posterit ja oppimateriaalinäyttelyt	
15.45-16.30	Työpaja 1 (työpajat samat molempina kertoina)	
16.45-17.30	Työpaja 2	
	Ylioppilaskirjoitukset 2008-2009, Luentosali A110	Opetusneuvos Marja Montonen Opetushallitus
	Ammatillisen koulutuksen uudistetuista tutkinnon perusteista, A 118	Opetusneuvos Pirkko Laurila Opetushallitus
	Kemianluokka Gadolin, B 143	Koordinaattori Maria Vänskä Helsingin yliopisto
	Kemian kerhot kouluissa, sali A127	Erityissuunnittelija Merike Kesler Kerhokeskus
	Tutkiva kemian opettaja – kemian käsitteiden ja ilmiöiden opetus –työpaja, sali A129	Professori Maija Aksela ja kemian aineenopettajaopiskelijat Helsingin yliopisto
17.30-20.00	Vapaamuotoista illanviettoa, Cocktail-pöytä aulassa	

Ohjelma – perjantai 17.4.

puheenjohtajana tutkija Ari Myllyviita, Helsingin Yliopisto, Viikin normaalikoulu

Aika	Teema	Esiintyjä
8.00	Ilmoittautuminen ja aulanäyttelyt avautuvat, kahvitarjoilu, aula	
9.00	Päivän avaus, Luentosali A110	Kemian laitoksen johtaja, professori Markku Räsänen, Helsingin yliopisto
9.10	Kokeellisuus kemian oppimisen tukena – teoriaa ja käytäntöä, Luentosali A110 TOP 10 – parhaat kokeelliset työt kemian oppimisen tukena	Professori Maija Aksela Helsingin yliopisto
9.30-10.00	Kemianluokka Gadolin, Luentosali A110	Koordinaattori Maria Vänskä Helsingin yliopisto
10.15-11.00	Työpaja 1 (työpajat samat molempina kertoina)	
11.15-12.00	Työpaja 2	
	A. Kemian oppiminen kokeellisuuden avulla Kokeellisia töitä Kemianluokassa, Kemianluokka Gadolin	Koordinaattori Maria Vänskä Kemian laitos, Helsingin yliopisto
	B. Molekyyylimallinnus, käsitekartta ja simulaatiot kokeellisen opiskelun tukena, sali A129 Matkapuhelin kokeellisen opiskelun tukena (vain Työpaja 1), Sali B 143 Videot ja mittausautomaatio kokeellisuuden opiskelun tukena (vain Työpaja 2), Sali B 143	Tutkija Johannes Pernaa ja kemian aineenopettajaopiskelijat Helsingin yliopisto
	C. Kokeellisuus alakoulussa, sali A 118 (vain Työpaja 1)	Opettaja Kirsi Agge
	D. Ajankohtaista korkeakouluissa, A121	
	<i>Ammattikorkeakouluopetus</i> (vain Työpaja 1) Kemian opetussuunnitelmat ammattikorkeakouluissa Uutta kemian opetuksessa Kokkolassa	Tutkija Jukka Rautiainen Helsingin yliopisto Kemian lehtori Maija Rukajärvi-Saarela Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoulu

Aika	Teema	Esiintyjä
	<i>Yliopisto ja korkeakouluopetus (vian Työpaja 2)</i>	
	Opetuksen tutkimuksesta ideoita yliopiston peruskurssin kehittämiseen	Professori Jan Lundell Kemian laitos, Jyväskylän yliopisto
	1. vuosikurssin kemian opiskelijoiden näkemyksiä kemian opinnoista	Tutkija Juhani Kronholm Kemian laitos, Helsingin yliopisto
	Uudistuva kemian opetus Aalto-yliopistossa	Tutkija Eija Zitting Teknillinen korkeakoulu
	E. Kemian opetuksen tutkimustietoa opetukseen	
	Tutkiva kemian opettaja – käsitteiden ja ilmiöiden opettaminen –työpaja, Psysicum D117	Professori Maija Aksela ja kemian aineenopettajaopiskelijat Helsingin yliopisto
	F. Kemian opetuksen tutkimushankkeita A 110	
	Tehtävätyypit ylioppilaskirjoituksissa	Tutkija Greta Tikkanen Kemian laitos, Helsingin Yliopisto
	Oppimispelit	Tutkija Maiju Tuomisto Kemian laitos, Helsingin Yliopisto
12.00	Lounas, poster- ja oppimateriaalinäyttely	Lounas omakustanteinen
13.00	Työturvallisuus kemian opetuksessa, A129	
	Uudet kemikaaliasetukset: REACH ja CLP- mitä niistä tulee kemian opetuksessa tietää?	Apulaisjohtaja Juha Pyötsiä Kemianteollisuus ry
	Työturvallisuus kouluissa: hyviä malleja ja haasteita	FM, KT Elsi Torn
	Työturvallisuusopas käytäntöön	Työsuojeluvaltuutettu Eeva Toppari
	Keskustelua ja kysymyksiä	
14.45-15.00	Päätössanat ja keskustelua, A 129	Opetusneuvos Marja Montonen Opetushallitus
		Professori Maija Aksela Helsingin yliopisto
	Kemian opetuksen päivät 2010 Kokkolassa	Kemian lehtori Maija Rukajärvi-Saarela Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoulu

Liite 2 – Tutkimusartikkelien arviointikriteerit

Kemian opetuksen päivien 2009 tutkimusartikkelien arviointikriteerit

Hyvä arvioija.

Kokonaisvaltaiset ja yksityiskohtaiset arvioinnit ovat tärkeitä kirjan toimittamiseen liittyvien päätöksiensä teossa. Arviointien toivotaan sisältävän konkreettisia ehdotuksia kirjoittajille, miten he voivat parantaa käsikirjoitustaan. Kemian opetuksen päivien kokoomateoksessa julkaistaan monentyyppisiä tutkimusartikkeleita. Kehotamme arvioijia huomioimaan arviointirungosta tarkasti kaikki arvioitavaa tutkimusta koskevat arvioinnin kohteet.

Arviointikriteerit

Kirjallisuuskatsaus

Kirjallisuuskatsaus on ajankohtainen ja keskittyy tutkimuksen kannalta vain olennaiseen. Kirjallisuuskatsaus osoittaa yhteyden suoritettua ja aikaisemman tutkimuksen välillä. Tutkimusta ohjaava teoreettinen kehys on aiheellinen ja perusteltu.

Ongelmat, kysymykset tai hypoteesit

Tutkimuksessa on yksi tai useampi eksplisiittinen ongelma, kysymys tai hypoteesi. Ongelmat, kysymykset tai hypoteesit ovat tärkeitä kemian opetukselle ja oppimiselle. Ongelmat, kysymykset tai hypoteesit nousevat esille tutkimuskirjallisuudesta.

Metodologia

Metodologia soveltuu ongelmille, kysymyksille tai hypoteeseille.
Metodologia soveltuu käytetyille tutkimustyyppille (esim. etnografinen, filosofinen..).
Metodologia on raportoitu perusteellisesti mutta ytimekkäästi.
Otokset ja otostaminen ovat selkeästi kuvailtu.
Aineistot ja aineistojen lähteet ovat selkeästi kuvailtu.
Käsikirjoitus sisältää tutkimuksen luotettavuustarkastelun.
Käsikirjoitus sisältää esimerkkejä aineiston keräämistyökaluista, esimerkiksi haastattelumenetelmät, käsittekartat, havainnointimenetelmät.

Tulokset

Taulukot, kuvaajat ja kuvat ovat valmiita, helppoja lukea ja helpottavat tutkimuksen ymmärtämistä.
Lainaukset ovat dokumentoituja ja tukevat väitteitä.
Tulokset käsittelevät ongelmia, kysymyksiä tai hypoteeseja.

Johtopäätökset

Tulokset tukevat johtopäätöksiä.

Johtopäätökset käsittelevät ongelmia, kysymyksiä tai hypoteesejä.

Johtopäätökset ottavat kantaa tutkimuksen merkittävyyteen kemian opetuksen ja oppimisen näkökulmasta.

Tyyli ja kirjallinen ilmaisu

Käsikirjoitus sisältää tiivistelmän.

Otsikko on yhdenmukainen tutkimuksen kanssa.

Käsikirjoitus on kirjoitettu ohjeistetun tyylin mukaisesti.

Käsikirjoitus on selkeä, tiivis ja helppo lukea.

Arviointikriteerit ovat käännetty soveltuvien osien The Journal of Research in Science Teaching lehden arviointikriteereistä.

Kirjan toimitus

Maija Aksela & Johannes Pernaa